

TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
KÖNYVKIADÓ VÁLLALAT  
A M. TUDOMÁNYOS AKADÉMIA SEGÍTKEZÉSÉVEL  
KIADJA  
A K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

MEGINDULT 1872-BEN  
XX. KÖTET  
AZ IV-İK (1881-1883. ÉVI)  
CZIKLUS  
ELSŐ KÖTETE  
A KÖNYVKIADÓ VÁLLALAT ALÁÍRÓI SZÁMÁRA

# **A FIZIKA TÖRTÉNETE ÉLETRAJZOKBAN**

IRTA

**CZÓGLER ALAJOS**

**A SZEGEDI FŐREÁLISKOLA TANÁRA**  
BUDAPEST, 1882.

KIADJA A KIR. MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.  
FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA

Elektronikus kiadás:

Németh Ferenc, 2006.

# ELŐSZÓ

VALAMELY tudomány története szorosan összefügg az azt művelő kiváló férfiak életével. S mégis ritkán tapasztaljuk, hogy ez az összefüggés kellő méltatásra találna. A különböző tan- és kézikönyvek első sorban a tudomány rendszerét tartják szem előtt, vagy azt legalább is szem előtt tartani akarják s a tanok fejlődésének története bennök csak annyiban szerepel, a mennyiben a neveket, könyvczímeket s évszámokat tartalmazó odavetett rövid jegyzetek az olvasót chronológiai tekintetben némileg tájékozandók volnának. A bűvárok életviszonyai, melyek a tudományos eredmények létrehozatalára mindig kiváló, de a legtöbb esetben döntő befolyással vannak, az efféle művek programjába nem vonhatók. Az oly művek pedig, melyek a tanok fejlődése történetét kritikai szempontból tárgyalják, tehát a tudomány kész rendszerének törvényei által kevésbbé korlátoztatnak, a tudományos eredményeket in-

tellektuális kész tényeknek tekintik, s a mellett, hogy az eredmények fejlődését azok első forrásától kezdve végső kifejlődésökhöz kritikai szemmel kísérik, mindig csak a már bizonyos fokra érlelődött szellem tevékenységére vannak tekintettel, de figyelmökhöz kívül hagyják azokat a külső tényezőket, melyek a szellem ébredésére és fejlődésére hatottak. A kritikai történelemben csak a szó szoros értelmében vett tudományos tanoknak van gyermekkoruk, de a tanokat fejlesztő egyének értelmök férfikorában állanak, hogy értelmi tehetségeikkel szellemi különös irányzatuk szerint a tudomány javára, esetleg kárára, befolyjanak. Ott, ahol pusztán a kritikai szempont az irányadó, egyéb körülményekre nem is kell figyelemmel lenni. Azonban a tudomány általános története, különösen akkor, ha a tudomány a tapasztalati tények és törvények alapján fejlődött, bizonyára figyelemmel fogja kísérni a bűvároknak nem csak szellemi, benső, hanem külső életviszonyait is, mivel ez utóbbiak az empirikus bűvárlatnak gyakran még a lehetőségét is föltételez-

hetik. A szellem spekulatív működése itt nélkülözhetetlen, de egymagában véve, elégtelen tényező. Ha VOLTA – hogy a számtalan példa közül csak egyet említsünk – a róla elnevezett oszlopot föl nem találja, OHM és AMPÈRE elméleti, és FARADAY experimentátori összes elmésége mind hiába való lett volna; a dinamikai elektromosság tudománya VOLTA fölfedezése nélkül nem léteznék.

A dolog közelebbi megvizsgálásánál azt vesszük észre, hogy egyes kiváló bűvárok működése, vagy az által, hogy új vizsgálatoknak tágas mezejét nyitja meg, vagy pedig azáltal, hogy régóta kutatott igazságok teljes kifejlődését eredményezi, a tudományos tanok történetében vagy kiinduló, vagy pedig nyugvó pontot képez. E működés körül kisebb korszakok tudományos eseményeit csoportosíthatjuk, s ekkor azt tapasztaljuk, hogy egyes kiváló bűvárok tevékenységében egész korszakok tudományos képe visszatükröződik. Így a kiváló tudósok biográfiái a tudománytörténelem egyes fejezeteivé válnak, mely



fejezeteket az általános tudományos érdek mellett az illetőknek életviszonyai, lélektani és neveléstani, meg általános emberi szempontból kíváloan érdekessé teszik.

Ez volt a meggyőződése, midőn a jelen műnek, mely a jelzett értelemben a kiváló fizikusok életrajzait tárgyalja, a megírásához fogtam; ez a meggyőződés vezérelt annak kidolgozásában. Ezeket megmondva, úgy hiszem, a szíves olvasó legkevesbbé sem fog megütközni, ha e munkában a fizika történetében is szokásos korszakokra való felosztásokat megtalálni nem fogja; az általános felosztások jellege vagy inkább az általános kulturatörténelem főbb mozzanataival – és nem a tulajdonképeni fizika-történelem egyes fázisaival – áll szorosabb összefüggésben, vagy pedig a fizikának csak egyes ágaira vonatkozik, mert a fizikai tanok nagy része egymástól függetlenül indult fejlődésnek. A fizika történetére vonatkozó eddig írt csekély számú művek mindannyian inkább a tisztán tárgy szerinti fölosztást, mint a különböző tárgyakat egyaránt felölelő

korszakfölosztást követik. Magától értetődik, hogy az olyan mű, mely a tudomány fejlődését az alapítók biográfiáiban akarja visszatükröztetni, mindkétirányú fölosztási rendszer kötelékei alól annál is inkább föloldhatja magát, mivel a tudományos biográfiákból mind az egyes korszakok, mind pedig az egyes tudományszakok fejlődési fázisának amúgy is elő kell tűnnie. Az ilyen földolgozás részletei közötti egyedüli kapcsolatot a szellem ama félre nem ismerhető törekvésének kell képeznie, mely azt tűzte ki céljául, hogy az egyes tünemény-csoportok tanainak egymáshoz való közelítését s kölcsönös kapcsolatát mindinkább nyilván valóvá tegye.

Ezt a fölfogást, úgy hiszem, maga a fizika története igazolja. Különféle tanok évszázadokon át tartalmilag egymástól függetlenül fejlődtek. A közös kapocs a tudománynak mint egésznek módszerén kívül a természeti erők kölcsönösségének és a különnemű tüneményeknek okozatos összefüggése volt. De épen ebben a tekintetben a kitűzött cél a legkésőbbben éretett el: a fizikai is-

mereteknek magas fokra kellett fejlődniök, míg a XIX-ik század közepén az általános kapocs az erő megmaradása elvében, mint a legáltalánosabb fizikai törvényben, föltaláltatott.

Nyilván való, hogy a fizikai tanok egynémelyikének fejlődése a többiét nagy mértékben előmozdította, s hogy bizonyos helyes irányok kijelölése által a fizikai összes kutatások új mederbe szorítottak. Az ilyen befolyásokat a fizika történelmét tárgyaló bármiféle szempontból kiinduló műnek gondosan figyelembe kell vennie. Némely esetben a földolgozandó tárgyak okozatos összefüggése megkívánta, hogy egyes fizikusok érdemeit a megillető mértékben egy másik fizikusnál tárgyaljam, kinek tevékenységében az illető tárgyak a fejlődés szempontjából bizonyos megállapodásra jutottak. Ilyenkor beértem azzal, hogy az illető érdemeire a figyelmet fölhívjam. Lehet, hogy ez által az egyes biográfiák kerekedsége csorbát szenvedett, de kikerültem a fölösleges ismétléséket s a műben, mint egészben hézagok még sem támadtak.

Arra törekedtem, hogy azoknak a fizikusoknak a biográfiái, kiknek tevékenysége a fizikai tanok fejlődésének kulminációját eredményezte, a többiekével tudomány-történelmi egészszé olvadjanak. Általában az egész mű, mindamелlеtt hogy külső berendezése szerint csak biográfiai gyűjtemény, a fizikai tanok fejlődéséről nem egyes részeiben, hanem egészében fog kellő tájékoztatást nyújtani. Mégis, hogy azok az olvasók, kik e műből csak bizonyos szak fejlődésének jelentősebb fázisaival akarnak megismerkedni, e műnek jó hasznát vehessék, az egészhez rendszeres tárgymutatót csatolok a II-ik kötet végén.

Azok után, miket a Bevezetésben elmondandó leszek, fölösleges volna itt különösen indokolnom, hogy munkámat a tudományok újjászületési korszakának fizikusaival nyitottam meg.

Az volt a szándékom, hogy munkámat, a mennyire csak lehet, az eredeti kútfők alapján dolgozzam ki. Csak a hol az eredeti forrásokat egyáltalában nem szerezhettem meg, ott használ-

tam a legjobb és legmegbízhatóbb másodforrásokat. Mindezeket, mindenütt, gondosan megjelöltem s minden egyes biográfia után a mennyire csak lehetett, teljes irodalmi jegyzéket csatoltam.

Mivel a fizikai tudományok a művelődés legbefolyásosabb tényezői közé tartoznak, s mivel az értelem ereje s a szellem hatalma kevés más szakban nyilatkozik oly közvetetlenül s oly nagy vonásokban, mint a fizikai tanokban, nyilván való, hogy azoknak életrajzai, kik e tudományokat művelték s e tanokat fejlesztették, nagyon méltók és alkalmasak arra, hogy azoktól általában a nevelésre, az oktatásra, a tanulmányi rendszerekre, különösen pedig a természetvizsgálásra hasznos vagy káros külső és belső tényezőkre vonatkozó általános következtetéseket és irányelveket vezessünk le. Az olvasó figyelmén áll, hogy a jelen munkából efféle következtetéseket vonjon; az egyes esetek világosan kijelölik a tanulságokat. Itt megelégedhetünk avval, hogy a fizikusok életviszonyaiból meríthető általános tanulságra hívjuk fel az olvasó figyelmét.

A kiváló fizikusok nagy és általános többsége (mert csak ez lehet az irányadó) szellemi nagyságát nem formailag meghatározott nevelési és iskoláztatási rendszernek köszönhette. Szellemüknek már gyermekkoruk óta szabad játéka volt. A kiváló fizikusok, a szónak vagy egészen szoros, vagy pedig az iskoláztatás által csak kevésbé tágitott értelmében, autodidakták voltak. Értelmük fejlődése, tudásuk s nagy műveik a megelőző híres mesterek műveihez közvetetlenül csatlakoznak. Ha nagy dolgokat hoztak létre, ezt annak köszönhették, hogy forrásaik nagy mesterek élő példája s művei valának. Végre mindannyian szabad emberek voltak, kik a szellem szabadságát és a tudományos meggyőződést sem egyházi, sem politikai, sem pedig társadalmi kényszernek alá nem vetették; tudásukat külső és alárendelt érdekek szolgálatába nem szegődtették s az értelem szabadságának védelmére keltek még akkor is, midőn előre láthatták, hogy a küzdelemben föl kell áldozni mindazt, amit közönségesen az élet

boldogságának nevezünk s hogy a kivívandó diadal csak a martírság ideális diadala lehet.

Szeged, 1880. október végén.

CZÓGLER ALAJOS

## BEVEZETÉS

Minden történetíró két határon belül mozog. Az egyik határ, mely a jelent a jövőtől elválasztja, nagyon közel fekszik; a másik határt bizonyos időpontok nem korlátozzák s az ókor homályába vész el. Ez utóbbi határnak tágítása bizonyára egyike a legnehezebb föladatoknak, s mivel itt a képzelet játékanak, - bár ezt a filológiai és a természettudományi vívmányok mind szűkebb és szűkebb körre szorítják - elég tágas tere van: e föladat tárgyalása különösen érdekessé válik. Minthogy valamely pozitív tudománynak története csak történelmileg bebizonyított tényekre támaszkodhatik, megállapodik ott, hol a források kiapadnak, s a tudomány eredetére vonatkozó kombinációk, önmagukban véve bármily érdekesek legyenek is, a tudomány történetére nézve befolyással nincsenek.

Az észleleti tudományok körében sem volna nehéz a konjekturák szálaít azon a határon túl



fűzni, a melyen túl történelmi adatok helyébe oly dolgok lépnek, melyek esetleg megtörténhettek volna. Efféle kísérletek mind a régibb mind pedig az újabb korban egyaránt tétettek; ezek között a legnevezetesebb s egyszersmind a legkülönösebb az a kísérlet, mely az összes czivilizációt egy eredeti emberfajnak, egy a műveltség szempontjából is ősnépnek czivilizációjára akarja visszavezetni. Ennek a törekvésnek, melynek utolsó kiváló képviselője a híres Bailly volt, a történetírásra nézve semmi gyakorlati haszna nincs; akár volt egy ilyen nép, akár nem volt, mi a czivilizáció forrásait csak ott kereshetjük, ahol azokat valósággal föltalálhatjuk, s ennél fogva fölösleges dolog volna a tett kísérleteket szigorú bírálat alá vetni. Ami pedig különösen a mi művelődésünket illeti, itt nemcsak hogy egy eredeti ősforrás után nem kell törekednünk; hanem még - ha t. i. csakis a mi művelődésünkről van szó - figyelmünkön kívül hagyhatjuk azokat a népeket is, melyek ősi műveltsége minden kétséget kizáró módon be van ugyan bizonyítva, de a mely né-

pek műveltsége a mi művelődésünkre sem közvetett, sem közvetetlen befolyást nem gyakorolt. Ez oknál fogva természettudományi ismereteink történetében nem igen kell különös fejezeteket szentelnünk a khinaiaiak, a hinduk, a khaldeaiak, a föníciaiak, egyiptomiak, stb. keleti ősnépek természettudományi ismereteinek. E népek mindegyike képes tudományos eredményeket fölmutatni, sőt egyes jelek arra mutatnak, hogy a természet iránti hajlamok egyes népek kiegészítő jellemvonásai valának. Indiának régi költészete megénekelte az esőt, a négy szelet a hajnalpírt, a napot, a tiszta levegő-eket; ez a lelkesedés átment e nép vallásába s ennek útján szellemi életének egyik leghathatósabb rugója volt. Mégis a mi természettudományi ismereteink kezdetei csakis az ezen régi népek műveltségét nyugat felé közvetítő népek, nevezetesen a görögök és arabok műveltségében gyökereznek. A többi népek, a hazájuk távolsága, a nyelvük elszigeteltsége vagy kihalása folytán ránk nézve idegenek maradtak, minélfogva a mi természettudományi mű-

veltségünk csak a görögök és arabok részint ön-  
álló, részint pedig máshonnan átszármaztatott  
műveltségéből indult ki. A zsidók, bár a nyugot-  
tal szoros érintkezésben maradtak, a természettu-  
dományok fejlődése érdekében mit sem tettek.  
De nem is tehettek. A zsidók minden természeti  
tüneményben csak Jehova akarátának nyilvánulá-  
sát látták, s a természet szemléletében csak az is-  
tenség mindenhatóságába vetett hitük erősödött  
meg, s nem mertek a szemlélt dolgok okainak  
fürkészésére vállalkozni. Az ég figyelmes szem-  
léletét a zsidó pap inkább vétkes, mint magasztos  
foglalkozásnak tekintette, mert ez a foglalkozás  
némelyeket a keleti szomszédos népek tüzet és  
napot imádó vallására csábíthatott volna. A zsi-  
dók országának hosszú fönmaradása az igaz hitre  
nézve nagyon üdvös lehetett ugyan, de az értelmi  
fejlődésre nézve a legcsekélyebb haszonnal sem  
volt.

A zsidók szétszóratása e nép intellektuális fej-  
lődésére a legjótékonyabb hatással volt. A theok-  
ratikus államforma szigorú törvényei alól föl-

mentett zsidók a tudományok buzgó művelőivé és terjesztőivé váltak. De ez a tevékenységek csak a görög és arab hagyományok terjesztésére szorítkozott; eredeti zsidó tudományosságot, mert ilyen nem volt, nem terjeszthettek.

Míg a keleti népek az asztronómiában a tökéletesség jelentős fokára emelkedtek, addig a fizikában általában el voltak maradva. Mindamellett kétséget nem szenved, hogy e népek a fizika terén is figyelemre méltó fölfedezéseket tehettek, s hogy a fölfedezések egy része a görögökhöz is átszivároghatott.

Annyi bizonyos, hogy a görögök tudományossága keleti eredetű; a görögök már az ősi időkben sűrűn érintkeztek az egyiptomiakkal, a föníciaiakkal, a médusokkal és perzsákkal. A legjelesebb görög filozófusok gyakran utaztak Egyiptomba, ami nyilván az egyiptomiak jelentékeny műveltségéről tanuskodik. Nagyon valószínűnek látszik, hogy a görögök az egyiptomiak útján ismerkedtek meg a geometria elemeivel, az ekliptika fer-

deségével s az időfelosztással; a fönicziaiaktól megtanulták, miként tájékozhatják magukat a hajósok a sarkcsillaggal, a babiloniaiaktól pedig megtanulták a gnómon használatát. Nagyon valószínű tehát az is, hogy a keletiektől fizikai ismereteket is vettek át, de erre nézve történelmi adataink nincsenek. Ennélfogva, ha a fizika kezdetéről van szó, a görögöket megelőző népekkel nem sokat kell törődnünk. Ez annyit tesz, hogy e tudomány megalapítóiúl a görögöket kell tekintenünk; s valóban, e tudomány újjászületése a klasszikus ókor műveinek fölélesztése alapján történt. Mindazonáltal nem kell a görögök fizikáját túlbecsülnünk, mert ez a mienktől nem csak az aránytalanúl csekélyebb terjedelme, hanem tudományos módszere által is annyira különbözik, hogy azt a jelenlegi fizikával csak bizonyos megszorító föltételek mellett hasonlíthatjuk össze s a jelenlegi fizikának előfutójául is csak bizonyos föltételek mellett tekinthetjük.

Hogy a görög fizikának igen csekély terjedelme volt, ez elvégre nem akadályozhatna meg ab-

ban, hogy a fizikai tanok fejlődésének fonalát a görögöknél vegyük fel. De már az a körülmény, hogy a fizikai ismeretek a matematikai és asztrolómiai ismeretekhez képest a görög exakt tudományosságnak csekély hányadrészét teszik, arra mutat, hogy a görögök a természettel saját-szerű viszonyban állottak. A görögök előtt, mint Humboldt mondja, a természet sokoldalú változatosságainak leírása, a természeti költészet, mint az irodalom egyik ága teljesen ismeretlen. Szemlélkedésük középpontja az ember volt; a mit a természetben nagynak és magasztosnak találtak, mind azt az emberrel hozták közvetetlen összefüggésbe. Vallási legmagasabb ideáikat a természet szemléletéből merítették ugyan, de a természetnek az emberre nézve legbefolyásosabb objektumait nem a saját eredetiségükben, hanem personifikálva tisztelték: a napisten, a hold istennője, a tenger-isten, a villám-isten, a különféle nimfák a természet és az ember közötti reláció-nak mind-megannyi szembetűnő nyilvánulásai valának. Ritkán esett meg az, hogy a természet

csodái a görögöket közvetetlen bámulatra ragadták volna, s azokban ekkor is, mint például a tűzokádó Aetnában, az emberi erő nyilvánulásait látták. Az objektivitásnak ez a hiánya érthetővé teszi, hogy a fizikának a görög tudományosság körében oly csekély szerepe jutott. Pedig a görögök kitűnő észlelők valának; egyes megfigyeléseik, mint például az aequinocstiális pontok hátrálása, az ókornak ez az asztronómiai legszebb találmánya, bámulatra ragadnak. S ha a fizika terén mégis aránylag csekély eredményt mutattak fel, ezt annak kell tulajdonítanunk, hogy ők az érzékeiken kívül egyéb észleleti eszközökhöz nem fordultak; a mit a természet közvetlenül eléjük tárt, az észlelő figyelmüket el nem kerülte, de az oly dolgok, melyek kifürkészése a tünemény szántsándékos előidézését, vagyis a kísérletet igényli, ő előttük rejtve maradtak. A kísérlet, a bűvárkodásnak ez a hatalmas eszköze, mint ilyen, a görögök előtt ismeretlen volt; innét van az, hogy az ókorról csak elenyésző csekély kísérleti tény maradt reánk.

A görög fizika fejlődésének egy másik akadálya a spekulatív irány túlbecsülése volt. Ha azt látjuk, hogy a görögök a tapasztalás útját olyan elhanyagolták, arra a meggyőződésre kell jutnunk, hogy a görögök abban a téves nézetben voltak, miszerint csekély számú észleletre a legtágasabb spekulációk fektethetők, s hogy az ismeretek növekedése csakis a szellem spekulatív tevékenységétől várható. Sőt úgy látszik, hogy a tapasztalati igazságokat e spekulatív tevékenységre nézve nagyon kényelmetlennek találták és szántszándékosan mellőzték, mert különben alig érthetnők meg teoriáik rendkívüli nagy számát. Persze, ott a hol a spekulációnak helye volt, mint a matematikában és a raczionális mechanikában, ott a görögök nemcsak kezdeményezők, hanem az utókor igazi mesterei voltak.

Az antik mechanikának, s általában az ókor exakt tudományosságának legkiválóbb képviselője Archimedes (287-212 K. e.) volt. Ő volt a statika és hidrosztatika alapítója: az emeltyű törvénye, a róla elnevezett hidrosztatikai törvény,



mely az úszás és a sűrűség elméletének talpköve volt, a csigasor, a vízi csiga, a végnélküli csavar, s végre a súlypont tana valának azok az eredmények, melyek a mechanikai ismeretek tárházát ő utána évszázadok hosszú során át betöltötték. Ha még fölemlítjük az alexandriai Heron-nak találmányait, úgymint a róla elnevezett kutat és az aeolipilt, az Euklides korából származó, a fény visszaverődésére vonatkozó három törvényt, a Hypatiá-nak tulajdonított araeométert, továbbá Ptolemaeus-nak a sugártörésre, Pythagoras-nak az akusztikára vonatkozó csekély vizsgálatait: akkor felsoroltuk mindazt a mi által a görögök a fizikának azaz az ő fizikájuknak alapjait vetették, mert az ókori tudományosságnak állítólagos legkiválóbb képviselője, Aristoteles (384-332. K. e.), az ő mechanikai és fizikai műveivel az eszmék tisztázásán még akkor sem lendített sokat, mikor a legészszerűbb alapon állott, általában pedig sokkal többet ártott velők, mint a mennyit használt, mert hogy a fizika a XVI-ik századig

erőteljesebb fejlődésnek nem indulhatott, azt legnagyobb részt az ő tekintélyének köszönhetjük.

A már mondottak után magától értetődik, hogy a görögök az imént felsorolt tudományos eredményeken kívül még nagyon sok észleleti tény birtokában voltak. De észleleteik csak az ismereteket, nem pedig a tudományt gazdagították; a fődolog a természet-filozofémák föllállítása volt. S ezen a téren a görögök bámulatra méltó ügyességet fejtettek ki, de egyszersmind a legkalandozóbb spekulációk útját egyengették. Ügyességüknél csak termékenységük nagyobb, s mivel szellemük játéka korlátokat nem ismert, a sok tévedés között sok helyes eszmét is fejtegettek. Azonban közelebbről vizsgálva a dolgot, azt látjuk, hogy e helyes eszmék helyessége tulajdonképpen nem az ő érveléseikből, hanem a későbbi kor észleletei és kísérletei folytán derült ki; a legcsattanósabb példa erre nézve a világegyetemre vonatkozó filozofémájuk. Fölösleges és indokolatlan eljárás tehát az, ha némelyek minden fizikai új felfedezésben egy a régiek által kezdemé-

nyezett dolognak csak újabb fejlődési fázisát törekeshetnek kimutatni. Az ókori filozófusok elmékedéseiben nemcsak hogy a Kopernikus rendszérének, az atómos elméletnek és a hő mozgási elméletének nyomait találjuk, hanem az ókori iratokban még számtalan olyan helyet találhatunk, melyeket egy kis csűrös-csavarással jóformán minden új dologgal összefüggésbe hozhatunk. De ez a laza összefüggés még nem állapítja meg a prioritás jogát, s ha azok, kik mindent az ókorra akarnak visszavezetni, ugyanannyi figyelmet fordítanak az újabb korra, meggyőződhetnénk, hogy az újabb fölfedezések aránylag rövid időn át s az ókori eszméktől függetlenül fejlődtek. Vannak általános fogalmak, melyek önként merülnek fel minden gondolkodó szellem előtt, de a fogalmak között olyan nagy tartalmi különbségek lehetnek, hogy az összehasonlításuk majdnem nevetségessé válik. Hogy csak egy példát említsünk, nem volna-e nevetséges azt állítani, hogy az atómos elméletben a prioritás nem Dalton-t, hanem Demokritos-t illeti? Vannak még

most is egyes emberek, kik a jelenkort csakis az ókorral akarják tanítani, s mivel a latin és görög grammatikák köréből a tudomány magaslatára fölemelkedni nem képesek, még most is annak az antediluvialis nézetnek hódolnak, hogy a jelenkor műveltsége az ókorét a legkevésbé sem múlja fölül. Szerencse, hogy az ilyen hátramosz-dítók a művelődés folyamát megakasztani soha sem voltak képesek.

A görögök, mindamellett hogy különös szelle-mi irányzatuk a fizikát nem terelte abba a meder-be, melyben a jelenkori felfogás szerint e tudo-mánynak folynia kell, arra voltak hivatva, hogy a fizikai tudományokban a velük érintkező népek első oktatói legyenek.

Ha a görög műveltség terjedéséről szólunk, el-ső sorban a rómaiakra gyakorolt hatást kell fi-gyelembe vennünk. A görögök Itáliában ősi időkből telepedtek le, s különösen Szicília szí-igetén virágzó tudományos középpontokat terem-tettek. De a görög műveltség a rómaiakra csak ak-

kor kezdett hatni, midőn a rómaiak hódító fegyvereiket Itália görög tartományai ellen vitték. E két nép közötti első érintkezés szomorú s a rómaiakra nézve épen nem dicsőséges emlékezetű. Az ókor egyik legkiválóbb tudósa hasztalan védelmezte Syrakusát; római kardnak csapása alatt vérzett el, s egy, persze nem egészen biztos forrás szerint, tizennégy nyalábra menő kéziratait a rómaiak égették el. Az etruskoknak, Nagy-Görögországnak s egész Sziciliának meghódítása után a tudományok a száműzött görög nyelvvel együtt rohamos hanyatlásnak indultak. De a rómaiak, kiknél valamely eredeti kulturának nyomai sem találhatók, a görög műveltség befolyását végtére még sem kerülhették el. A fogoly Polybius volt az első, ki a rómaiakat a görög filozófiába bevezette, s midőn a rómaiaknak már legyőzni való ellenségük nem igen volt, a legyőzött népek tudományával és irodalmával mindinkább megbarátkoztak. Augustus idejében a tudományok és az irodalom nyelve már a római nyelv vala, s a szabadság romjain a római irodalom addig nem

látott virágzásnak indult. Sajnos, hogy a virágzás e korszakához is számos kiváló férfiú szerencsétlen sorsának emlékezte fűződik, s ez jelentékenyen lelohasztja a rómaiaknak egyébiránt sohasem eredeti műveltségéből merített lelkesedésünket. Valóban, a rómaiak a görögök nyomába léptek, a nélkül, hogy az általuk kijelölt úton jelentékeny lépéssel előre mentek volna.

A rómaiak természettudományi ismereteit három kiváló név, a Lucretius-é, a Plinius-é és a Seneca-é hirdeti. Az első, ki a spekulációkban majdnem elmerülő s nagyon kevés új kérdést fölvető tankölteményével (*De rerum natura*) inkább azt akarta, hogy oktasson, semmint hogy a bűvárlat mezejére serkentsen, minden tekintetben mesterének, Epikur-nak nyomában maradt. A második, Plinius, kit rendkívüli ismereteivel együtt a Vezúv lávája temetett el, *Historia naturalis* nevű természettudományi nagy encziklopédiájában nemcsak hogy az ókor ismereteit tárja elénk, de egyes figyelemre méltó, de figyelemre nem méltatott észleleteket is tett közzé. Ez észle-

letek között a legföltünőbb a carbunculus-nak (turmalin?) az a tulajdonsága, hogy a napnak kitéve, hamut húz magához, ami a tűz-elektromosság tüneménye volna. Ugyanilyen tudományos kompilátor volt Seneca is, ki Quaestiones naturales című munkájában szintén egypár nevezetes észleletről, például az üveggömböcskék és a homorú tükrök nagyításáról, a nagy magasságokban uralkodó alacsony mérsékletről, a csillagok, a planéták és az üstökösök színéről, stb. szól. De Seneca is, úgy mint Plinius, nem annyira a saját észleleteit, mint inkább az akkoriban már többek előtt ismert tényeket említi föl, minélfogva elmondhatjuk, hogy a természettudományoknak közvetlen művelői, önálló bűvárai, a rómaiak között nem voltak.

Az Augustus utáni korszakban általános hanyatlás következett be, s a rómaiaknak még az a dicsőség sem jutott, hogy őket a görög tudományosság fentartóinak nevezhetnők. A nyugati birodalom a barbárok prédájává lett, a keleti pedig hosszú tengődésében a tudományokat csak olyan

ápolásban részesítette, mint az antik művészetet, mely a bizancziak kezei között kiaszott, élettelen vázzá zsugorodott össze. A barbárok és a keresztények által szétugrasztott görög tudósok, kik a keleti birodalomban kerestek menedékhelyet, abban a lehető legterméketlenebb talajra találtak.

Látjuk, hogy a görögöket meghódító rómaiak miatt az ókori tudományosság bízvást kiveszhetett volna. A népvándorlás azt a keveset is, melyet a rómaiak megőriztek, végelpusztítással fenyegette. Mindazonáltal a barbárok betörései még korántsem jelentették a civilizáció halálát, mert bár a betörő népek egynémelyike teljes vad-ságban élt, mások, mint például a gótok, a kultúra iránt nagyon fogékonyak valának, sőt a civilizáció némi csírait már magokkal hozták. Valószínű, hogy a tudományosság a barbárok körében új életre ébredt volna, ha egy másik világtörténelmi fontosságú tény: a kereszténység megalapítása, az események folyásának egészen más irányt nem ad vala. Nem feladatunk, hogy a kereszténység gyors terjedésének okait fejtegetsük.



A vallási és társadalmi élet teljes korrupciója közepette az új vallás, mely minden embernek egyenlő jogokat és egyenlő boldogságot kért, a leghatalmasabb reformeszköznek látszott; a kik gyávák voltak arra, hogy hazájuk védelmére síkra szálljanak, az új vallásért örömet szenvedtek vértanúságot. S ez a vallás, mely hívatvanvolt az egész világot köztársasággá átalakítani, a szellemi szabadságnak legkeményebb zsarnoka lett: maga mellett más véleményt tűrni nem akart. Az ókor műveinek olvasása csak azoknak engedtetett meg, kik azokat a pogányság leküzdésére akarták felhasználni, vagy a kik a görög és római írókból a Megváltó eljövételére vonatkozó jóslatokat akarták kifejteni. A kereszténység megszállásával, különösen a kelet-római birodalomban, az ókori tudományosság hanyatlása egyenlő lépést tartott. A kereszténység első századaiban hiába keresünk keresztényt, ki a nevét az exakt tudományok terén kivívott bármi csekély eredményyel is megörökítette volna; az ókoriaknak a világegyetemre vonatkozó filozofémáinak el-

torzítása, illetve a keresztény vallás testéhez való szabása volt az egyedüli tudományos foglalkozás, melyet a szent atyák magukhoz méltónak tartottak. Ily körülmények között nem csodálkozhatunk azon, ha a civilizációra fogékony bár hódítók évszázadokon át az ókori műveltségnek semmi hasznát sem vehették, s hogy Nagy Károly halála után, midőn a kereszténység már teljesen megszilárdult, Európa a legnagyobb sötétségbe volt merülve.

A mondottak után önként fölmerül az a kérdés, hogy mily módon esett meg az, hogy a görög műveltség még sem veszett ki, s hogy mily úton-módon jutott ez a műveltség az európai államokba, hogy itt egy virágzó új korszaknak alapvetője legyen.

Láttuk, hogy a különböző hódítók által szétdarabolt Görögország a hódítókban értelmi pártfogóra nem talált. Nem maradt tehát egyéb hátra, mint hogy a görög elem a saját erejéből merítse a tudomány fentartására és továbbfejlesztésére

szolgáló eszközöket. S e feladatát évszázadok hosszú során át dicsően teljesítette. A Ptolemaeusok által alapított alexandriai iskola, az óvilág legelső és legnagyobb iskolája, mintegy nyolcz évszázadon át lobogtatta a tudomány fáklyáját; ide menekült a görög tudományosság, s innét hirdette a messze tartományokból összesereglett tanulóknak az emberi értelem termékeit.

De a tudományok eme biztosnak látszó menedékhelye szintén ki volt téve erőszakos megrázókódításoknak, melyek az ókori műveltséget nem egyszer végromlással fenyegették. Már a Ptolemaeus Philométor és a Ptolemaeus Physcon között kitört testvéri viszály súlyos következményeket vont maga után. A diadalmas Physcon az alexandriai tudósok közül azokat, kik bátyjának barátai valának, részint elűzte, részint kivégeztette. Még nagyobb veszélyt hozott a város ostroma Julius Caesar által. A szél a felgyújtott egyiptomi hajók egyrészét a kikötőbe sodorván, azok a Bruchium külvároshoz oly közel jöttek, hogy ez is lángra kapott, s az ebben a külvárosban levő

múzeum a könyvtárral együtt a lángok martalékává lőn. De a két könyvtár egyike, a Serapis templomában levő, még megmaradt, s Alexandria csakhamar visszanyerte régi jelentőségét, különösen akkor, midőn Antonius Cleopatrának oda ajándékozta a pergamosi királyok könyvtárát, mely az alexandriaival vetélkedett, s az iskola K. u. a II-ik századig a világ első iskolája maradt. A III-ik század óta a híres iskola folytonosan sülyedt. Caracalla a múzeumot feloszlatta s a tudósokat javadalmazásaiktól megfosztotta; de még nagyobb veszélyt hozott a keresztény pátriárkák türelmetlensége. Ezek az ókoriak tudományában és művészetében csak a pogányság rémségeit látván, a tudományt és tudósokat fanatikus üldözéseik tárgyává tették. György, kappadociai pátriárka az addig megtűrt pogány filozófusokat is elkergette, s bár ezek egy része Julián császár uralkodása alatt visszatérhetett, a pogányokat végképen kiírtani törekvő Theodosius uralkodása alatt ismét menekülniök kellett. Végre Theophilus pátriárka Theodosiusnál kieszközölte az en-

gedélyt arra, hogy a Serapis templomát, a pogány tudományosság utolsó menedékhelyét, elpusztíthassa. A pogányok vitézül védelmezték a szentélyt, de a templomot a becses könyvtárral együtt a lángok fölemésztették. A romok alól azonban sok értékes dolog megmentetvén, új könyvtár keletkezett; Alexandria lassanként ismét a tudósok gyülekező helyévé lőn, s míg az európai római birodalom a barbárok csapásai alatt roskadozott, addig itt, persze nem a régi fénynyel, a tudományok tüze tovább égett. Justinian császár a pogány tudományosságnak ezt a kevés maradványát is meg akarta ugyan semmisíteni, de a szellem ereje hatalmasabb volt mint a fegyveré, s a görög filozófia még a keresztény iskolákból sem volt egészen kiszorítható.

Az alexandriai iskola, melynek dicsőségét az exakt tudományok történetében a hosszabb-rövidebb ideig ott tartózkodó Euklides, Hipparchus, Archimedes, Eratosthenes, Apollonius, Ptolemaeus Claudius és Diophantus nevei növelik, a VII. század első felében végkép elpusztult. Az arab

pusztából a prófétájuk által lelkesített csapatok törtek elő, mely csapatok 641-ben a vad és fanatikus Omár vezérlete alatt Egyiptomra törtek, Alexandriát meghódították s későbbi arab írók tanúsága szerint az ottani könyvtárt felgyújtották, mert minden tudás, mely nem a koránból merítettik, sem szükséges, sem hasznos nem lehet.

Ez a barbár tett, különösen ha a hódítók által más helyeken is ismételtetett volna, egészen alkalmas volt arra, hogy az ókori tudományosságot végkép kipusztítsa. De az araboknak később kifejtett tudományos rendkívüli tevékenysége bőven kárpótolta a hódítók első rohama okozta károkat. Különben is, az alexandriai könyvtár elpusztítása korántsem oly bizonyos, mint a konstantinápolyiaké, hol Leo Isaurus a könyveket az olvasókkal együtt elégetteté. Perzsia, Egyiptom, India és Spanyolország a hódítók hatalmába kerülván, az ókori műveltség sorsa az arabok kezébe volt letéve. Szerencse, hogy az Ommájádok bukása után a hódítási vágy leapadt; az Abassidák uralmával a civilizációnak új korszaka

kezdődött. Harun-al-Rasid és Al-Mamun tudományszeretete a műveltség terjesztésének hatalmas istápolója volt. A görög kéziratok nagy része arab nyelvre fordíttatott, s a győzedelmes arabok a keleti császárnak békeföltételeket szabván, attól tudósokat és kéziratokat kértek. A kalifák udvarai nem csak a hatalomnak, hanem a tudományoknak is középpontjaivá lettek; az arab kereskedők, katonák és hittérítők kelet felé egész Kínába, dél felé pedig Zofala és Madagaszkarig hatolván, az ismeretek folytonos élénkülését és fejlődését eredményezték. Bagdad, az óriási birodalom fővárosa, akkoriban a civilizáció középontja volt.

Az araboknak rohamosan egymásután következő hódításai s általában az egész nemzetnek nagy és merész vállalatokban nyilvánuló tevékenysége nem engedte meg, hogy ennél a népnél önálló, vagy hogy úgy mondjuk, nemzeti tudomány fejlődjék. A hódítók jogával élve, a meghódított népeknek nem csak a földjét, hanem a tudományát is hatalmukba kerítették. A tudomá-

nyok művelésében ép oly lázas tevékenységet fejtettek ki, mint a harcz mezején, s ez a minden irányban egyaránt nyilatkozó rendkívüli tevékenység volt az oka, hogy az arabok igen gyorsan átérték a különféle periodusokat, melyek valamely nemzet életében fölmerülnek.

Az araboknak köszönhető, hogy az Euklides, Ptolemaeus, Archimedes, Aristoteles és Diophantus szellemi termékei a nyugat számára megőriztettek. Az Ázsiában, Egyiptomban s Spanyolországban alapított egyetemeken főképen a görög tudományokat tanították s a görögök munkáit fordígtatták. De, amint már említettük, az arab tudományosság forrása nem egyedül a görögből fakadt. Így például, míg a geometriájuk majdnem egészen görög eredetű volt, addig az algebrájuk eredete Indiában keresendő. Az alchimiával, melynek föltalálását hosszú időn át nekik tulajdonították, Egyiptomban ismerkedtek meg. Csak a természetrajzuk, orvosi tudományuk és szépirodalmuk őrizte meg a keleti eredeti jellemet.



Az elsajátítás és a közvetítés által az arabok az Eufráttól a Tajo-ig s az Alpeseiktől Közép-Afrikaig művelő hatást gyakoroltak. Távol maradván a zsidók elidegenítő kasztszellemétől, a meghódított népekkel egybeolvadtak a nélkül, hogy a nemzeti jellemükből kivetkőztek volna; olyan nagy kiterjedésű szárazföldi utazásokat, minőket az arabok tettek, még pedig nem mindig kereskedelmi célokból, hanem igen gyakran csupán csak az ismeret-szerzés kedvéért, egy nemzet sem mutathat föl. Marco Polo s a mongolokhoz küldött keresztény misszionáriusok szűkebb körben mozogtak. Miután hódításaikat már a VII-ik század végén Kasgar-, Kabul-, és Pendsab-ig kiterjesztették, bő alkalmuk volt, hogy a keleti tudományosság javával megismerkedhessenek.

Az araboknak a khinaiakkal való érintkezése nem annyira a tudományokra, mint inkább a tudományokat előmozdító segédeszközökre nézve figyelmen kívül nem hagyható befolyással volt. Főképen az araboknak köszönhető, hogy a nyugati népek a khinai kultúra némely fontos ered-

ményével megismerkedhettek. Az iránytű és a papiros, melyek készítése és használata a khinaiaknál már néhány évszázaddal K. e. otthonos volt, az arabok révén jutott nyugatra, holott a puskaapor a mohamedánoknál csak a 13-ik században fordult elő, s avval valószínűleg a mongolok által ismerkedtek meg. A khinaiak gyártotta selyemszövetek régóta ismeretesek valának, de a selyemgubókat csak Justinián császár idejében hozta két szerzetes Európába. Kétséget nem szenved, hogy abban az esetben, ha a khinaiak állami szervezete az idegenekkel való érintkezés elé oly súlyos akadályokat nem gördített volna, az arabok a khinaiaktól még számos ismeretet származtathattak volna át; oly ismereteket, melyek igen régi voltát az újabbkori vizsgálatok csak akkor derítették föl, midőn a nyugati kultúra a khinait már messze túlszárnyalta.

Miután az arabok annyi nép ismeretének birtokába jutottak, ez ismereteket egy részt maguk is tovább fejlesztették, másrészt pedig a velük érintkező népekkel megismertették.

A civilizáció örök hálával tartozik az araboknak, hogy az ókoriak műveltségét az utókor számára megőrizték, még pedig oly korban őrizték meg, midőn Európa népei a műveltség sokkal alacsonyabb fokán állottak, semhogy valamelyikük e nagy misszióra vállalkozhatott volna. Ez a nép mintha csak kiszemeltetett volna arra, hogy a tudományok újjászületésének leghathatósabb előmozdítója legyen: még belső villongásai folytán is a tudományosság javára vált.

Az Abassidák Ázsiában diadalmaskodván, az ommajádi kalifák Spanyolországba húzódtak vissza. Ez utóbbiak, egyesülve a mórokkal, Spanyolországot oly virágzó és gazdag birodalommal alakították át, a milyen azóta sohasem volt, holott Európa többi részei ugyanekkor a legnagyobb szellemi sötétséggel voltak borítva. Már Nagy Károly idejében a kalifának egy küldöttsége föltárta az európaiak előtt a mohamedánok szellemi felsőbbségét, s később az Abderrahmanok és Almanzor korában Cordova, Sevilla és Granada a tudományok és művészetek gyűjtőpontjaivá let-

tek. A népesség roppant nagy számával arányos volt a földművelés és az ipar fejlődése s a nagyszámú tudományos intézetek virágzása. Ez a "pogány" birodalom hetven könyvtárral dicsekedett; a cordovai könyvtár mintegy hatszázezer kötetet foglalt magában. Valamennyi a könyvnyomtatást nem ismerő nép közül az araboktól maradt a legtöbb irodalmi emlék hátra, s bár a keresztények üldözései s az arabok benső villongásai az óriási kincs igen nagy részét megsemmisítették, maradt még abból elég, hogy a keresztény világ belőle egy a régieknél fényesebb korszakot előkészíthessen.

Mindamellett, hogy a keresztények a mohamedánokkal folytonosan háborúkat viseltek, s hogy a pogányokkal való barátságos érintkezés már magában véve bűnnek tartatott, a keresztények a szellemnek mindennél hatalmasabb fegyvereinek hódításai alól még sem menekedhettek meg. Itáliának tengerparti városai mind a kelettel, mind pedig a Földközi tengernek a mohamedánok által meghódított partvidékeivel élénk kereskedelmi

összeköttetésben lévén, a kereskedők és zarándokok elbeszéléseikkel honfitársaik figyelmét az arab műveltség iránt felköltötték. Azok a csekély számu arabok, kik a keresztény fejedelmek diadalai daczára a Földközi tenger szigetein, sőt déli Franciaország- és Itáliában magukat befészkeltek, ellenséges magatartásuk mellett is az arab kultúra előharczosai valának; a provençalok szokásaira, társadalmi viszonyaira és költészetére gyakorolt maradandó befolyásuk később még az olasz irodalomra is kiterjedt. A vallás szigora nem lévén képes arra, hogy a tudományok szerepét elfojtsa, számos keresztény ifjú, köztük a híres Gerbert (a későbbi II. Sylvester pápa) a mór egyetemeket látogatta.

Bár az araboknak a természettudományok történetében inkább a fentartó szerepe jutott, a chemiában, bár e tudományt sem lehet arab eredetűnek nevezni, alapvetőkként szerepelnek. Igaz, hogy náluk az alchimiás ábrándok a valódi tudományossággal ép oly összefüggésben voltak, mint az asztrológia az asztronómiával, mind-

azonáltal a gyógyító szerek készítésének szükségessége és a technikai művészetek igényei, hol véletlenül, hol öntudatosan, számos jelentős találmánynak szülőivé váltak. A kénsav, a salétromsav, a kéneső-vegyületek, különféle fémoxidok, a királyvíz és az alkohol-erjedés az arab korszaknak mindmegannyi kiváló ténye.

A zsidóknak csak az arab hódítások után jutott szerepük a tudományok fejlesztésében. A zsidók, kik ekkor már valamennyi ismeretes világrészben szét voltak szórva, a keresztények és mohamedánok között közvetítőként szerepeltek; mert bármennyire gyűlöltettek és üldöztettek is, a kereskedelem érdekében mégis megtűrettek; már pedig éppen a messze tartományokkal való kereskedelmi összeköttetéseik folytán képesek voltak a népek közötti eszmecserét föntartani és élénkíteni. Különben a zsidók nem mulasztották el, hogy a szellemi közvetítések jótéteményeit is hasznukra ne fordítsák, minek folytán ők maguk is a tudományok terjesztőivé váltak. Be van már bizonyítva, hogy az arab és görög munkák első

fordítói nem a keresztények, hanem a zsidók valának, s hogy ez a tevékenységük egyaránt fölkarolta a filozofiát, az asztronomiát, az orvostudományokat, sőt a fizikát és matematikát is. A zsidók műveltségéről leginkább tanuskodik az a körülmény, hogy a leghatalmasabb fejedelmek orvosai és tanítói zsidók valának, s egyes zsidó tudósok tudományos tevékenységük miatt a fejedelmek udvarán kiváló pártfogásban részesültek.

Miután az arabok által az ókori tudományosság fönmaradása kellőképen biztosítva volt, nem kellett egyéb, mint hogy a termékeny mag valamennyi nép közé elhintessék, hogy abból egy egészen új, európai műveltség csírázzék. A kereszténység, mely ekkor már Európában majdnem általánosan el volt terjedve, most az általános szellemi emelkedés hathatós tényezője volt, mert mindamellett hogy a keresztény vallás a keresztnél magasabb szimbolumot nem ismert s a szellemi fejlődés útja elé tényleges akadályokat gördített, mégis, a kereszténység a nemzetek között fönnálló hatalmas választófalak egyikét, a

vallás-különbséget, lerontván, bizonyos tekintetben a nemzetek egységét hozta létre.

Az általános szellemi ébredést három elemnek, az arab, a latin és a germán elemnek összeműködése eredményezte. De az ébredést szomorú korszak előzte meg. Itália, mely arra volt hivatva, hogy elsőnek lépjen a sorompóba, végzetes küzdelmek színhelye volt. Nagy Károly utódai megkísérlették ugyan az egységes olasz királyság felállítását, de a politikai és vallási viszonyok minden törekvésüket meghiúsították. Míg a félszigeten lakó gótok, frankok, longobardok, görögök és szaraczének nemzeti viszályai a nemzetek közeledését akadályozták meg, addig a pápai főhatóság, mely az emberi értelmet kizárólagosan az egyház szolgálatába akarta szegődtetni, a szellem szabadabb tevékenységének közvetetlenül ellenszegült. Pedig nem hiányzottak kiváló szellemek, kik az értelmi fejlődés áramlatát azonnal megindíthatták volna, azonban a korszellem nyomásának engedve, tehetségeiket meddő vallásos vitákban és a szent atyák iratainak értelmezésében fe-



csérelték el. A keresztes hadjáratok, melyek Európa többi részeinek politikai és társadalmi viszonyaira kiváló befolyást gyakoroltak, Itáliában semmi kiváló átalakulásnak előidézői nem valának. Az olaszok, mindamellett hogy a pápa az összes keresztes hadak legfőbb urának tekintette magát, megelégedtek avval, hogy a kereszteseket néha némi segélyben részesítsék, vagy azoknak a hajóikat kölcsönözzék, s beavatkozásait főképen arra használták föl, hogy befolyásukat a keleti tartományokban növeljék; a tudományok és művészetek majdnem semmit sem nyertek.

A norman kalandorok betörései megújították a népvándorlás veszedelmeit; mindazonáltal a tudományok fejlődését nem akadályozták meg, mert miután Itália déli részei a norman hódítók birtokába kerültek, királyaik különös szeretettel pártolták a mohamedán tudósokat, kiknek befolyása alatt a tudományos élet virágzásnak indult.

Míg Szicziában az arabok a keresztények nyilvános oktatóiként léptek föl, addig északi Itá-

lia lakói a spanyolországi arabok iskoláit látogatták. E tudományos utazásoknak az a fontos eredménye volt, hogy az arab nyelvre fordított görög munkák egyes olasz tudósok fordításai útján a keresztények előtt ismeretessé lettek. A szellemi kincs fölismerése nagyobb foku buzgalmat eredményezett; az arab munkák szélesebb körben terjedtek el, s a keleti népek szellemi felsőbbbsége annyira el volt ismerve, hogy a keresztény fejedelmek, sőt egyes pápák is az arab nyelv tanulását közvetlenül előmozdították.

A XII. században a szellemi élet Itáliában már eléggé megizmosodott arra, hogy a tudományok ujjaszületését előkészítse; a következő századokban már az ujjaszületés hathatós jelenségeivel találkozunk. A Hohenstaufok a tudományokat és a tudósokat pártfogásukba vették, új iskolákat alapítottak, s a már meglevőket jelentékenyen nagyobbították. A tudományos irodalom a fordítók fokozott tevékenysége folytán mindinkább bővült, s az Aristoteles filozófiája gyorsan terjedt. A görög tudományosság föléledésével az emberi

szellem általános fejlődése többé megakadályozható nem volt.

Habár az ujjászületést előkészítő korszak elején a vezérszerepet Itália játszotta, nem lehet figyelmünkön kívül hagynunk a germán elem értelmi erejét, mely a latin elemével egyesülve, a művelődés általánosságára döntő befolyást vala gyakorlandó. Az ó-germán népeknek a kultúra iránti fogékonysága, alkotó tehetsége s élénk képzelete a legfényesebben nyilatkozik a nemzeti költészetükben, melylyel, mint eredeti költészettel, csak a görög és a hindu költészet vetekedhetik. Az Edda, Beowulf, Gudrun és a Nibelungének mindmegannyi dicső emlékei az ó-germán törzsek szellemi fenköltségének. Bár e népeknek a déli és a keleti népekkel való érintkezése - a mennyiben a történelmi idő előtti lehető érintkezést nem tekintjük - nagyon meg volt nehezítve, a római hódításoknak és a római kultúra maradványainak e népeket is előbb-utóbb az ókori műveltség megőrzőivel érintkezésbe kellett hozniok. A latin elem befolyása első sorban ismét a költé-

szet terén nyilvánult; a román mondakörök költészetete művészies fejlődésnek indult, míg végre egyes kiváló mesterek a csak lazán összefüggő anyagot meglepő költői alkotásaik forrásául használták föl.

Eme költői irány mellett már jókorán kifejlődött a magasabb értelmi színvonalra való törekvés is, miről az angolszász Alcuin tevékenysége fényesen tanuskodik. Ez a híres férfiú a VIII. század közepén egyházi küldetéssel Rómába utazván, alkalma volt, hogy a délen már-már éledzni kezdő ókori tudományosság egyes mozzanataival megismerkedjék. Tudományát és ismereteit tetemesen bővítvén, hivatva volt arra, hogy a germán elem értelmi nevelője legyen, s midőn a Nagy Károly udvarához hivatott, hatalmas barátjának és pártfogójának kegyeit arra használta föl, hogy az addig barbárságba merült frank birodalomban a műveltséget a legszélesebb körben terjeszsze. A Nagy Károly udvari iskolája, élén Alcuin-nal, számos hasonló intézménynek szülőjévé vált. Bár az Alcuin iratai az egyházas dol-

gokkal nem foglalkozó irodalom iránt nagy bizalmatlanságot árulnak el, mégis, az a tisztelet, melylyel szerzőjük a tudományok iránt viseltetett s a vallásos dolgokban tanúsított türelmessége és engedékenysége őt ama sötét korszakban a szabadabb szellemi irányzatnak kimagasló képviselőjévé tették.

Mindamellett, hogy a középkor mindegyik időszakában akadunk egyes férfiakra, kik életük nagy részét a tudományos törekvéseknek szentelték, az általánosabb szellemi emelkedés csak a XIII. század elején kezdődik. A pontosan meg nem határozható időpontokban keletkezett párisi, oxfordi, cambridge-i, nápolyi, salernói, bolognai stb. egyetemek az általános emelkedés mindmennyi hathatós tényezői valának.

Az egyetemek keletkezését és gyors szaporodását kimagyarázza az a körülmény, hogy a könyvek csekély száma miatt majdnem az egész oktatás az élő szóval való közlésre szorult. Mint-hogy az egyetemek szervezete mind a régi római,

mind pedig az arab iskolák szervezetétől eltért, bajos megmondani, hogy milyen mintára szervezkedtek. A legtermészetesebbnek látszik az a föltevés, hogy eleintén csak csekély számú alsóbb iskolák voltak, s ezek közül némelyek, az ott működő tanítók jelessége folytán különösen kitűnván, nagyszámú hallgatóságot vonzottak magukhoz. A városok közötti verseny megtette a többit; hogy mentül több tanuló keresse föl a várost, az egyetemek és a tanítók kiváltságokat nyertek, s a városok közötti verseny a tetőpontját érte el, ha mindegyikük ugyanazt a híres tanítót akarta megnyerni.

A német egyetemek későbbi keletűek. Csak háromszáz évvel a klostrombeli iskolák hanyatlása után kezdték a fejedelmek és a városok a tudósok által elmulasztottakat pótolni. IV. Károly császár az első német egyetemet Prágában 1348-ban alapította; ezt követték a bécsi (1365), a heidelbergi (1386), a kölni (1388) és az erfurti (1392) egyetemek, melyek után a XV. század elejéig még számos egyetem alapított.

Lássuk most az ekkori tudományosság kiválóbb képviselőit. Ezek közül különösen kitűnik a híres Albertus Magnus (Albertus Teutonicus, tulajdonképpen Albrecht von Bollstaedt). Ez a dominikánus szerzetes s később regensburgi püspök, a mellett hogy a tudományokat Köln-, Páris-, Hildesheim- és Regensburgban tanította, nagy kiterjedésű irodalmi tevékenysége által az ismeretek terjesztésére a későbbi időkben is kiváló befolyással volt. Albertus Magnus, bár később sok fölfedezést neki tulajdonítottak, teremtmény nem volt, mint író és tanító azonban a természettudományok fejlesztése érdekében igen sokat tett.

Aquinói Tamás, az Albertus Magnus híres tanítványa, a középkor leghíresebb skolasztikusainak egyike, különös hévvel karolta föl a görög tudományosságot, de tudományos tevékenysége a peripatétikus filozófiának a theológiára való alkalmazásában kulminált. Be van ugyan bizonyítva, hogy a természettudományok, különösen pedig az alchimia terén önálló bűvárként is működ-

dött, mindazonáltal szellemi tevékenységének egész irányzata sokkal alkalmasabb volt a bűvár-lat helyes útjáról való eltérítésre, mint egy újabb és helyesebb irány előkészítésére.

E helyett annál kirivóbban tündökölt a realis-ták és a nominalistáknak meddő s igen gyakran nevetséges vitáiban. Aquinói Tamás mint a reá-listák s Duns Scotus francziskánus mint a nomi-nalisták feje, az értelmi fejlődés történetében si-vár emléket hagytak hátra.

E viták bajnokaival merőben ellentétben áll az angol Roger Baco, a XIII. század legkiválóbb szelleme.

Baco működése a tudományoknak, első sorban pedig a fizikának történetében magában véve egy kicsiny korszakot képez. Sajnos, hogy ezt a kor-szakot csakis a Baco szellemi élete képviseli, mert az értelmetlen kor nem volt képes arra, hogy a kiváló férfiú nyomdokaiba lépjen; a fák-lya, melyet Baco meggyújtott, sokkal erősebb



fényt árasztott, semhogy a sötétséghez szokott szem azt elviselhetette volna.

Roger Baco, a doctor mirabilis, 1214-ben Ilchester-ben, a Somerset grófságban született. Eleintén Oxfordban, később pedig Párisban tanult. 1240-ben Oxfordba visszatért, s hogy a tudományoknak zavartalanul élhessen, a franczis-kánusok rendjébe lépett, de e mellett az egyetemen sűrűn látogatott előadásokat tartott. Tudományszomja és az a vágya, hogy mindenben az igazságot derítse föl, őt valamennyi tudomány művelésére serkentette, s csakis rendkívüli buzgalmának tulajdonítandó, hogy szelleme néha olyan irányokba tévedett, melyeket a helyes búvárlatnak célhoz nem vezetőeknek kell tartania; így például különös szeretettel foglalkozott az alchimiával és az asztrológiával, de ezt is csak azért tette, mert minden eszközt föl akart használni, hogy a dolgok lényegét közvetetlenül föl ismerje. A tudományokat oly ép és helyes értelemmel fogta föl, mint senki más a kortársai, s csak nagyon kevesen a későbbi korbeliek közül;

de mivel oly titkokat is föl akart deríteni, melyek korának tudományos eszközeivel megfejtethők nem valának, némelykor a bűvészet titkaitól várt segedelmet!

Baco a fizikát a legnagyobb hévvel karolta föl. Hathatós támogatókra találván, kísérleteinek és terveinek kivitelére, az akkori idők viszonyaihoz képest rendkívüli nagyoknak nevezhető összeget költhetett. Az optikában Ptolemaeus és Alhazen, az alchimiában pedig Geber voltak a mesterei; honfitársai közül sokan neki tulajdonították a sötét kamara, a nagyító üveg s a távcsövek fölfedezését, de mindebből csak annyi a való, hogy a gömbi törő közegek nagyítási viszonyait tanulmányozta, a nélkül, hogy a mikroszkópok és a távcsövek elméletét fölállítani tudta volna. A domború üvegek nagyítását már Alhazen is ismerte, de a tulajdonképeni lencséről még Baco nem szólt. Azonban Baco-t illeti az az érdem, hogy a homorú tükör gyújtó pontját helyesen meghatározta, mely tárgy fölött még a későbbi fizikusok is sokat vitatkoztak. Baco még a homorú

tükrök készítésére is adott utasítást, de nem valószínű, hogy ilyen tükröket maga is készített, valamint sok más eszméje is csak tervben maradt. Optikai vizsgálatainak eredményeit 1267-ben jóakarójának, IV. Kelemen pápának küldött Opus majus című művében írta le, mely művével egy szersmind az eretnekség és bűvészet vádja ellen igazolta magát. Baco igen szellemesen írt a sugártörésről, a perspektiváról, a látott tárgyak látszólagos nagyságáról, a horizon fölött álló nap és holdkorong látszólagos nagyobbodásáról.

Chemiai munkáiban, sőt már ezek címeiben is, nagyon is visszatükröződik a korának szelleme. Chemiai felfedezései közül első helyen említendő egy a vízben is égő anyagnak s egy a puskaaporhoz hasonló gyújtó szernek készítése. Baco világosan mondja, hogy szénből, kénből és salétromból olyan tüzet lehet készíteni, melylyel a villám és mennydörgés hatásai utánózhatók; mindazonáltal a puskaapor tulajdonképeni feltalálójául őt ép oly kevésbé tekinthetjük, mint az alkotó részek keverési arányát pontosan meghatá-

rozó Albertus Magnus-t, mert a mint már említettük, a puskapor feltalálása sokkal régebbi s a keleti népek révén vergődött világtörténelmi jelentőségre.

Baco mint matematikus és mint csillagász is kimagasló kortársai közül. Pontos észleleteiről és számításairól a legfényesebben tanúskodik az a körülmény, hogy a Juliánus naptárban levő hibákat fölismerte, s egyszersmind a naptár javítását ajánlatba hozta. A Baco szellemének e fényes szikrái rendkívüli föltűnést, egyrészt bámulatot, másrészt ijedséget keltettek. Míg bámulói őt doctor mirabilis-nek nevezték, addig a sötétség bajnokai a rendkívüli férfiú vesztére törekedtek. Az utóbbiak őt először is a pokoli hatalmakkal czimboráló bűvész hírébe hozták, s megindították mindazokat a gyalázatos machinációkat, melyek mindenkor alkalmaztattak, mikor arról volt szó, hogy egy a mindennapiasság köréből messzire kimagasló lángész láb alól eltéssék. Baco-t a római szent széknél bűvésznak és az ifjuság megrontójának vádolták; IV. Orbán pápa

először is a kathedráról tiltotta le őt, s mivel ez a rendszabály Baco nagykiterjedésű befolyásával szemben nem sokat használt, őt börtönbe vetteté, az emberekkel való érintkezéstől elzárta, sőt fogságát koplalással súlyosbította. Barátainak közbenjárása a francziskánusok elfogultsága és vak fanatizmusa ellenében tehetetlen volt, s Baco szabadságát csak akkor nyerte vissza, midőn IV. Kelemen, azelőtt angolországi pápai legátus s az üldözöttek benső barátja és tisztelője lépett a pápai trónra. De már Kelemen utóda alatt a gonosz ármányok újra felütötték fejüket. A francziskánusok generálisa, Hieronymus Esculo, megtiltotta a Baco iratainak olvasását, s egy elfogató parancsot, melyet a szentszék megerősített, adott ki ellene. Ez a második fogság teljes tíz évig tartott, s Baco hiába törekedett a IV. Miklós néven pápává előlépett generálist iratainak ártatlanságáról és hasznos voltáról meggyőzni. Csak IV. Miklós halála után sikerült néhány előkelő angolnak őt a fogságból kiszabadítaniok. Baco

visszatért Oxfordba, de nem sokára (1293- vagy 1294-ben) megszűnt élni.

Baco szenvedéseiben egy új szellemi irányzat ellen intézett üldözések eredményeit látjuk. Az üldözések okai ugyanazok, a melyeknek Baco kultura-történelmi nagyságát köszönheti. Baconak, ki nem csupán a fizikai természet, hanem még a szabad gondolkodás törvényeinek kipuhatolásába is mélyedett, korának szellemével nyílt összeütközésbe kellett jönnie.

A görögök és rómaiak tanulmányozásából egészen más eszméket merített mint kortársai; az ókoriak irataiból fölismerte, hogy mi a valódi tudomány és a valódi szellemi szabadság. A szentírás tanulmányozásából a keresztény tanok egyszerűségéről és erkölcsi mélységéről győződött meg. Így aztán csakhamar átlátta, hogy mindaz, a mit az ő kora tudományosságnak és vallásosságnak nevezett, az igazi tudományosságnak és az igazi vallásosságnak csak torzképe. Baco elég reformátori erőt érzett magában, hogy a skolaszti-

czizmus gyomját kiirtandó, eme meggyőződésével a sikra szálljon, hogy az egyházat és a tudományt reformálja. Vezérelvül azt tűzte ki, hogy az ember a tudását egyrészt a természet közvetlen megfigyeléséből, másrészt pedig az ókori iratok tanulmányozásából merítse. Így akarta ő elejét venni a scholaszticizmus példátlan egyoldaluságának és számtalan tévelyének és azoknak a szóbölcsteségben elszaposodott spekulációknak, melyek sem a dolgok természetében, sem az ókori iratokban, sem pedig a szentírásban kellőképpen megállapítva nem voltak, s csak ezek félreismerése folytán a mélyebb gondolkodáshoz nem szokott egyének által a végtelenségig csürettek és csavartattak. E nagyszabású tervének megvalósítását a megfelelő eszközökkel, azaz a természettudományok művelésével és a nyelvek tanulmányozásával vélte elérhetőnek. A theológiában az erkölccsant tette előtérbe s nyíltan kikelt a papok, nevezetesen a szerzetesek tudatlansága és erkölcsi romlottsága ellen, s a pápa előtt is nyílt

szellemű iratokban bátran kifejtette az egyház reformjának szükséges voltát.

Ilyen eszmék és tervek megvalósítására a Baco kora még nem volt megérve. Így esett meg aztán, hogy Baco-nak reformátori hévvel előadott s éles dialektikával s szép nyelvezettel írt művekben kifejtett nézetei kortársai legnagyobb részében gyűlöletet és boszúvágyat keltettek. De a következő századok fényes elégtételt adtak a bacói eszméknek. Valóban, az újkor mind a tudományos, mind a vallásos, mind pedig a társadalmi téren csakis a Baco programját vitte keresztül.

Minthogy a Baco üldöztetésére első sorban fizikai és chemiai vizsgálatai adtak okot s ellenségei azokra alapították vádjaikat, úgy kell tekintenünk őt, mint az elsőt ki a fizikáért mártírságot szenvedett. A Baco sorsa szomorú érzelmeket kelt bennünk, de a fizika büszke lehet arra, hogy mindjárt első mártirjának egy Roger Baco-t mutathat föl.



Mindamellett hogy a Baco föllépése nagyban és egészben sikertelen volt, egészen eredménytelen még sem maradhatott. Ama rések után, melyeket Baco kemény csapásai a középkori skolasztikán ütöttek, a tudákosságnak ez a neme sokkal gyorsabban indult romlásnak. Hogy egész Európa a legnagyobb lelkesedéssel üdvözölte az Itáliában meginduló ujjászületési mozgalmat, ezt nagyrészt a Baco előkészítői érdemének kell betudni.

Forduljunk most Itália felé, hogy az ujjászületés előkészítésének tényezőivel megismerkedjünk. E tényezők szorosan összefüggnek emez országnak politikai viszonyaival.

A XII. század vége felé Itália számtalan apró államra oszlott, mely államok egy része a pápához, a másik része pedig a német vagy a magát úgy nevező római császárhoz szított. De ez a két fejedelem csak hűbéri jogokat gyakorolt, a nélkül, hogy az apró államok fölött tényleg uralkodott volna. A császárok Piza és Génua segítségével

vel Szicília birtokába jutván, uralkodói tevékenységük legnagyobb részét a hódított tartományoknak szentelték. A Hohenstaufok udvara valamennyi európai udvar között a legműveltebb és a leggazdagabb vala; a mórok tudománya kiváló pártfogásban részesült, a provençal irodalom Sziciliában termékeny talajra talált, s az irodalmat maguk a fejedelmek, különösen pedig II. Frigyes, művelték. Ha a pápa a császári hatalmat külső háborúk fölidézésével nem gyengíti vala, a Hohenstaufok bizonyára egész Italiát fegyvererővel is hatalmukba kerítik, a mint azt politikai és irodalmi befolyásukkal máris hatalmukba kerítették.

Szicília után Italiának leghatalmasabb államai a velencei és a génuai köztársaságok valának; hatalmukat főképen a keletre gyakorolt befolyásuknak köszönhették. A hatalom utáni törekvésben Piza sem maradt el: a pizaiak megvetették lábaikat Afrika partjain, a szaraczénokat Szárdiniából és Korzikából és a Baleári szigetekről elűzték. Az olasz kereskedők, kik a kelettel szemben

monopóliumot űztek, hazájukba nem csak tömerek kincset hanem egyszersmind új eszméket s új ismereteket hoztak. A keletnek jelentős befolyása volt Itáliára: míg Pizában és Velenczében, mint ezt eme városok legrégibb műemlékei bizonyítják, a görög elem vergődött túlsúlyra, addig Szicília az arab elem befolyása alatt maradt. A művészetek először a rendkívül gazdag tengeri városokban fejlődtek, s csak ezután következett be Flórencz művészeti uralma. A többi államok köztársasági szervezetükkel és látszólagos függetlenségükkel sokkal inkább el voltak foglalva pártviszályaikkal, semhogy bármiféle hatalomeszközzel az imént felsorolt államok rangjára emelkedhettek volna. Ez államok alapelve a "szabadság" volt, mely csillogó név alatt azonban csak azt kell érteni, a mit az alatt a középkorban egyáltalában értettek: a hatalom és az uralom birtokát. Az akkori fogalmak szerint az állam akkor volt szabad, ha nem kellett más államnak engedelmeskednie; ha az állam más államokat elnyomott, akkor csak a szabadságot gyakorolta. A

szabadság modern fogalma, melynek lényege abban áll, hogy senki sem nyomassék el, s mindenki, míg a mások jogait és a törvényeket tiszteli, szabadon mozoghasson, akkor ismeretlen volt. Midőn az apró köztársaságok a szabadság érdekében harczoltak, akkor, az igaz, hogy szabadságukat törekedtek növelni, vagy a támadók ellen szabadságukat védelmezték, de ez csak úgy érthető, hogy vagy hatalmukat akarták növelni, vagy a birtokukba erőszakosan kerített hatalmat akarták megvédeni. Ennélfogva mindegyik államocskára két hatalmi pártra szakadt, s e pártok azonosak valának azokkal, melyekre az egész ország szakadt, azaz a guelfek és a ghibellinek pártjával. Hogy a szakadás egészen teljes legyen, nemcsak hogy egész Italia szakadt két részre, hanem még a városok, sőt egyes családok is külön-külön pártérdekeket hajhásztak, minek természetes következménye az egyéni szabadságnak (már t. i. a modern értelemben felfogott szabadságnak) teljes elnyomása volt.

Ily körülmények között a szellemi szabadságnak folytonosan a legkeményebb küzdelmeket kellett kiállania. Az irodalom és művészetek újjászületése ép úgy meg volt nehezítve, mint a tudományoké, bár az Itáliában a rómaiak által hátrahagyott emlékek az előbbienekét jóval megkönnyítették. A tudományokat csakis a kelet révén lehetett fölkarolni.

Az első, ki az algebrát a keresztények között elterjesztette, a pizai származású Leonardo Fibonacci volt, ki algebrai főművében, az Abacusban, az algebrát és a hinduk arithmetikai rendszerét először terjesztette elő teljesen, nemkülönben pedig az algebrai vizsgálatokat is tartalmazó s többszörösen kiadott geometriájával e tudomány kincseit is a lehetőleg teljesen föltárta. Egyébiránt a XIII. század tevékenysége az arab művek fordítására szorítkozott. Az asztronomiát, mely első sorban a naptárnak, s evvel az egyháznak szolgálatában állott, nem önmagáért művelték. Az asztrológia a titokszerű és a csodálatos iránt különös vonzalommal viseltető eme korban külö-

nös elterjedésnek s kedveltségnek örvendett, s bár az egyház azt mint a pogányság egyik maradványát üldözte, mégis a vallásos élet egyik nélkülözhetetlen kiegészítőjévé vált. A fejedelmek udvarai asztrológusok nélkül el nem lehettek, sőt a bolognai s páduai egyetemeken az asztrológiai tanszéket a legszükségesebbek egyikének tekintették.

Az európaiak a XIII. században kezdtek megismerkedni ama fontos találmányokkal, melyek nemcsak az emberi ismeretek fejlődésére, hanem egyszersmind a világtörténelmi tények fejlődésére is döntő befolyást gyakoroltak. Az iránytűvel a XII-ik század végén és a XIII-ik század elején találkozunk először, de hogy miként jutott ez a fontos eszköz a nyugatra, erről az iránytűre vonatkozó nagyszámú adatok nem világosítanak föl. Annyi bizonyos, hogy az iránytű eleintén nem volt felfüggesztve, hanem könnyű testekre téve a vízen úszott. A tulajdonképeni iránytűről Buti tesz először említést a Dante fölött írt kommentárjában; ebben használtatik először az olasz

bussola szó is;helytelen tehát az az állítás, mely szerint a mágnesű irányító képességét a XIV-ik század elején Flavio Gioja találta volna föl. Ép ily kétséges a deklináció ismeretének eredete, mert az újabb vizsgálatokból kitűnt ugyan e találmány khinai eredete, de hogy miként jutott az el nyugatra, erre nézve megbízható adatok nem maradtak fenn. Hogy a deklináció föltalálása majd Adsygerius-nak, majd pedig Kolumbus-nak és Cabot-nak tulajdoníttatott, evvel a tárgy nagyon kevés történelmi bizonyosságot nyert.

A puskaporról már említettük, hogy az a XIII-ik században valószínűleg a mongolok által hozatott nyugatra. E fontos találmány kezdeteivel sem vagyunk tisztában, mert az Albertus Magnus és Roger Baco-nak tulajdonított fölfedezések, ha a puskaporral csakugyan azonosak lettek volna, bizonyára rövid idő alatt elterjedtek volna. A Schwartz nevű svájcz szerzetes mondájának semmi történelmi alapja nincs.

A híres görög tűz, melylyel IV. Konstantin a Konstantinápolyt megtámadó szaraczén hajóhadat fölgyújtotta, szintén keleti eredetű. A görög tűz rendkívüli hatályosságáról tanuskodik az a körülmény, hogy készítésének módja a görög császárok által államtitokként őriztetett, de használásának módját tekintve bizton állíthatjuk, hogy az a puskaportól lényegesen különböző anyag lehetett.

A XIII-ik században még néhány optikai munkával találkozunk, melyek, úgymint a Baco munkája, az arab Alhazen-éből voltak merítve. Az első munka a német vagy lengyel eredetű Vitello-é, s magában foglalja mindazt, a mit Ptolemaeus és Alhazen az optikáról írtak. Vitello-ról csak annyit tudunk, hogy szerzetes volt, s hogy művének megírására egy olaszországi utazása alkalmával gyűjtött ismeretei és tapasztalatai adtak alkalmat. Vitello volt az első, ki a szivárvány keletkezését nemcsak a reflexiónak, hanem egyzersmind a refractionnak is tulajdonította. Vitello munkája nyomtatva 1572-ben Bázelen jelent



meg. A második munkát, mely szintén a XIII-ik században keletkezett, Joannes Peckham canterbury-i érsek írta; ez a munka nem egyéb, mint Alhazen homályos kivonata, s mindössze is csak amaz érdekről tanuskodik, melylyel szerzője az optika iránt viseltetett.

Ugyancsak az optika körébe tartozik még néhány fölfedezés, melyek egy része szintén az olasz földön tétetett. Ide tartoznak a szemüvegek, melyekről eleintén csak a vallásos iratokban tétetett említés, azonban egy sírirat megőrizte a föltaláló nevét. A flórenczi St. Maria Maggiore egyházban ugyanis egy sírirtaláltatott, mely szerint Salvino degli Armati nevű flórenczi bankár (megh. 1317.) a föltaláló. A pizai Alessandro de Spina, kit egyideig a föltalálónak tartottak, csak az Armati találmányát utánozta. Más írók határozottan állították, hogy a szemüvegek 1280 körül Flórenczben találtattak föl, de a flórencziak nem ismerték föl a találmány jelentőségét.

Kétséget nem szenved, hogy a szemüvegek nagyban elősegítették a távcsövek föltalálását. Az optikai műszerek fejlődésére kevesebb haszonnal volt az üvegtükrök, azaz a fémekkel bevont üvegtükrök feltalálása. Az egyszerű üvegtükrök gyanánt már régóta használták, de csak Beauvais-i Vincze irt azokról először. A major-kai születésű Raimondus Lullus, híres alchimista, szintén beszél az üvegtükrökről. E tükrök csak ólommal voltak bevonva; az amalgámos tükrök először csak a XIV-ik században fordulnak elő, s valószínűleg egyszerű iparosok által találtattak föl.

Az orvosi tudományok, melyeknek úgy mint az algebrának és optikának a mesterei az arabok valának, nagy lendületet nyertek. A tudósok közül akkoriban az orvosoknak a legtöbb hírük és befolyásuk volt, s ez a befolyás igen jótékonyan hatott a rég elfeledt észleleti módszer fölélesztésére és az orvosi tudománnyal összefüggő természettudományok fejlesztésére.

A XIII-ik század természettudományi ismereteiről szólva, nem hallgathatjuk el ama nagyszabású utazásokat, melyeket az olaszok kelet felé tettek, s melyek mindannyian nagy befolyást gyakoroltak a természettudományi ismeretkör tágítására.

Ez utazások közül, akár a befutott területek terjedelmét, akár az eredmények gazdagságát tekintjük, első helyen állanak a velencei Polo-k utazásai. Két testvér, Niccolo és Marco Polo, velencei kereskedők, 1254-ben szerencsés üzleti vállalatok után, Bereke kán sarai mongol fejedelem udvarához utaztak, s ott szives fogadtatásra találtak. Ezután Bokharába és a Kublai kán székhelyére utaztak. A kán azt az ajánlatot tette nekik, hogy az ő küldötteiként egy előkelő mongol kíséretében Rómába a pápához utazzanak, s ettől kikérjenek száz tudós férfit, kik a mongol birodalom tudósainak bebizonyítsák, hogy a keresztény vallás több igazságon alapszik, mint bármely más vallás. A két testvér a küldöttséget elfogadván, majdnem négy évi utazás után Velenczébe

érkezett, azonban a mongol küldött útközben meghalt. IV. Kelemen időközben szintén elhalván, a pápaválasztás késedelmei folytán Velenzében két évig vesztegeltek. A választást bevárni nem akarván, ismét útra keltek s Marco Polo-t, a Niccolo fiát, ki atyja távolléte ideje alatt 19 éves ifjúvá érett, magokkal vitték. A pápai intézkedés eredményét Szíriában akarták bevárni, de a hosszú várakozásba bele unván, útjokat Közép-Ázsia felé folytatták. Azonban az utánok siető hírnökök őket St. Jean d'Acre-ba a megválasztott X. Gergelyhez vezették vissza; a pápa őket a szükséges iratokkal, a képzelt neophyta császároknak szánt gazdag ajándékokkal s fényes kísérettel látta el. Negyedfél évi utazás után megérkeztek a khinai császár udvarába, a Pekingtől 36 órányira fekvő Chemen-Fu-ba, hol az ifju Marco Polo már az első kihallgatás alkalmával megnyerte a fejedelem kegyeit, s annak kísérlőjévé lett. Most alkalma volt, hogy az ázsiai népek szokásaival és erkölclseivel megismerkedjék; e mellett az óriási birodalom nyelveit, a khinai, tatár és

a török nyelveket alaposan megtanulta. Végre annyira megtetszett a nagy-kánnak, hogy ez őt megpróbálta az állami ügyekben is alkalmazni. Most diplomatikai küldetésekkel az óriási birodalom messzefekvő tartományait utazta be, s mindenütt bő tapasztalatokat szerzett, minek folytán képes volt a nagy-kánnak tudomására biztos adatokat juttatni s ezáltal a kegyeit még inkább kiérdemelni. Az időközben rendkívül meggazdagodott három Polo csak nagy nehezen kapott engedélyt arra, hogy hazájokat meglátogathassák, s csakis azzal a föltétellel, hogy ismét visszatérnek. Mint teljhatalmú mongol követek a pápával, továbbá Francia- és Spanyolországgal fontos ügyeket lettek volna elintézendők. Marco Polo elutazása még egy különösen megtisztelő megbízatással köttetett össze: a Kublai kán egyik nőrokonát, kit a perzsák fejedelme nőül kért, a perzsa udvarhoz kellett vezetnie. Három havi tengeri utazás után Jávába érkeztek s innét Ceylonon és Ormuson át a mongol hercegnőt a rendeltetése helyére vitték. Innét talán ismét vissza-

fordultak volna, de hatalmas pártfogójuknak, Kublai kánnak haláláról értesülvén, 1295-ben Trapezunton és Konstantinápolyon át Velenczébe tértek. Midőn nemsokára Velence és Génua között háború tört ki, Marco Polo egy gálya vezetésével bízott meg, de fogságba került; fogsága idejét utazásainak leírására (valószínűleg francia nyelven) használta föl. Nemsokára kiszabadulása után, 1324-ben, Velenczében meghalt; atyja már nyolcz év előtt mult ki.

Mivel a három Polo közül csak Marco hagyott írott emléket hátra, a kivívott eredmények megítélésénél csakis ő jöhet tekintetbe. Azok után, a miket a nyugat tudomására juttatott, méltán elnevezhetjük őt a Kelet fölfedezőjének és a Kolumbus előfutójának. Miként Kolumbus-t, úgy őt is félreismerték s kigúnyolták kortársai, s csak a későbbi kor róttá le írta az elismerés adóját.

Polo-nak e meseszerű utazásról közzétett leírása, bár ez csak egy nagyobb mű bevezetésének látszik lenni, az ismeretek bővítésére rendkívüli

befolyással volt. Polo új világot tárt a nyugatiak szeme elé: Khina, Kelet-India, a Szunda szigetek, Közép-Ázsia, mind oly dolgok valának, melyekről a nyugatiaknak azelőtt csak a leghomályosabb sejtelveik valának; a geográfiai s ezekkel együtt a kozmográfiai nézetek Polo által mondhatatlanul tágultak. Polo különös súlyt fektetett arra, hogy azoknak a tartományoknak, melyekben megfordult, iparát és művészetét ismeresse, s így az európaiakkal sok keleti találmányt ismertetett meg; ilyenek voltak a khinai fametszés, a papírpénz (!), a kőszén, a porcellán, a posták szervezete stb. Sajnos, hogy a Polo munkája oly csekély figyelmet költött; még azt sem lehet tudni, eredetileg milyen nyelven írta azt! Honfitársai az ő leírásain, melyek szigorú igazságát a későbbi utazók egyértelműleg elismerték, nagyokat nevettek s a kik komolyabban fogták föl a dolgot, őt a hazugság vádjával terhelték. Polo úgy járt, mint a hogy előtte az algebra híres mestere, Fibonacci járt: érdemei jutalmául gúnyt

aratott s a halála után kortársai még hamvairól is megfeledkeztek.

Valamint a Roger Baco eszméit csak később karolták föl, úgy a Polo nagyszerű példája sem maradhatott buzgó követők nélkül. Polo munkája volt az, mely Kolumbus-t arra serkentette, hogy e mesés országokat nyugat felől megközelítse; Polo-nak tehát Amerika fölfedezésében bár csak közvetett, de mindenesetre nagyobb érdeme van, mint azoknak az állítólagos Amerika-fölfedezőknek, kiket a Kolumbus érdemeinek kisebbítői a homályból előre hurczoltak.

Itália abban a szerencsés helyzetben volt, hogy benne a tudományok újjászületését előmozdító tényezők ideje korán hatalmasan fejlődhettek. Szerencsés fekvésénél fogva alkalma volt, hogy mind a keleti, mind pedig a nyugati népekkel a legszorosabb érintkezésbe jöhessen, minélfogva abban a kiváló előnyben részesült hogy az ókor műveltségét föntartó népek tudományosságát a legtökéletesebben zsákmányolhatta ki. A tudo-



mányos élet fejlődése az egyetemek körében s a folytonos utazások az általános szellemi emelkedés mindmegannyi hathatós tényezői valának. A szellemi emelkedésnek csak egy akadályja volt: az egyház uralma, mely karöltve járva a szabad mozgást lenyűgöző skolasztikával, a szellemeket békókba vetette. E békók lerázása nagy és sok bátorságot igénylő munka volt, s a kik erre vállalkoztak, a szellem bármily fegyverével léptek légyen föl, a fölvilágosodás terjesztése körül halhatatlan érdemeket szereztek magoknak.

E bátor férfiak sorát Dante Alighieri (1265-1326), a *Divina commedia* halhatatlan szerzője nyitja meg. Dante volt az, ki az olasz tájszólások leghangzatosabb elemeiből egész Itália számára irodalmi nyelvet teremtett; ő volt az, a ki mind Rómának régi, de elrontott nyelvén, mind pedig a pápai mindenhatóságban, csálhatatlanságban és uralkodói hivatásban vetett meggyőződésen széles rést ütött. Az utóbbira a nemzeti állam szempontjából vállalkozott, s a költészet fegyverével merészen megtámadta az egyháznak azt a képzelt

kiváltságát, mely szerint a szellemi ügyekben az első és legmagasabb fórumnak képzelte magát. A pokol tágas birodalmán át vezetőül a pogány Virgiliust választotta, a túlvilágról alkotott keresztény és pogány képzeleteket összekeverte, az elvetemült papokat és barátokat, sőt pápákat is minden mellékes tekintet nélkül a pokol mélységére kárhoztatta. A mit Roger Baco a tudományosság fegyverével tett, ugyanazt tette Dante a költészet fegyverével. De Flórencz hálátlan volt a szellemi szabadságnak eme bátor harczosa iránt s a nagy költő mint száműzött halt meg Ravennában.

A nagy közönség megszokta, hogy Dante-ben a költőt tisztelje, s nem vette észre azt a mély tudományosságot, mely a költeményeiben nyilatkozik. Pedig ez a tudományosság kiterjed az akkori ismeretek valamennyi körére, minélfogva méltán el lehet mondani, hogy "a Divina commedia repertoriuma az olaszok ismereteinek a XIV-ik század elején. A theológia, filológia, filozófia és a természettudományok története a Dante szel-

lemének termékeiből tanuságot egyaránt meríthet. Dante maga nem csak hogy fizikai észleleteket, hanem, a mi még sokkal többet mond, kísérleteket is tett, s a kísérletek alkalmazását különösen ajánlta."

Flórencz a nagy költő halála után, reá, kit éltében üldözött, büszke lett. A nagy elméjű Cecco d'Ascoli, a ki a Dante tudományos nézeteit (s nem Dante-t mint költőt) kritizálni merte, durva üldözéseknek tétetett ki, mely üldözéseknek az lett a vége, hogy a kiváló férfiút, mint asztrológust, a máglyára vetették. Pedig ugyanez a Cecco d'Ascoli évek során át az asztrológiát a bolognai egyetemen nyilvánosan, még pedig az egyház pártfogása mellett tanította! Sőt Flórencz a nagy költő szellemének kibékítésére még jónak látta, hogy műveinek magyarázására külön tanszéket alapítson.

E tanszék betöltésével Giovanni Boccaccio (1313-1375) bízott meg. Boccaccio-t a nagy közönség, különösen a mióta századunk hatásva-

dászó művészete őt még operette-hősnek is megtette, szintén csak egyoldalúlag ítéli meg. Boccaccio volt az első olasz, a ki a görögös műveltségű kalábriaiai Leontinus segítségével a régi Hellasz nyelvének ismét tiszteletet szerzett s Homért latinra fordította; Decameron-jával pedig az olasz próza megteremtőjévé lett. Miként Dante, úgy ő is keményen megtámadta a klérus és a római udvar erkölcsi romlottságát s ennek káros hatásait az egész társadalomra, s nyíltan fölhevítve a közfigyelmet a klastromokra, a tudományosság állítólagos megőrzőire. Ő maga látta, hogy a monte-casinói híres klastrom könyvtára a molyok, pókok és patkányok martalékává lett, s hogy az ókorról fönmaradt legkitünőbb kéziratok szent legendákkal s theológiai polémiákkal voltak telefirkálva.

A Mediciek korát megelőző irodalom harmadik kiváló képviselője a szintén flórenczi eredetű, de arezzói születésű Petrarca (1301-1374) volt, ki életében a híret inkább Africa című latin époszának, mint mesterkélt szerelmi dalainak kö-

szönhette, s ép oly buzgón művelte a latin, mint Boccaccio a görög nyelvet. Ő sem volt ugyan korának gyengeségei alól fölmentve, de, mint az avignoni komédia szemtanúja, a pápai hierarchiát keményen ostromozta, s miként Boccaccio, úgy ő is azon volt, hogy a skolasztikai lomot az ókori klasszicitás friss erével elsöpörje.

A következő XIV-ik század nagy események csíráit hordta méhében, de a fizikára nézve terméketlen volt. Csak a század elején találkozunk egy optikai munkával, mely figyelmünket kiváló mértékben köti le, s ez Theodorich nevű dominikánus szerzetesnek *De radialibus impressionibus* című műve. Theodorich-ról csak annyit tudunk, hogy eredetére nézve szász volt s művét 1310 táján írta.

E műnek legérdekesebb része a szivárvány elmélete. Theodorich, a nélkül hogy a sugártörés törvényeit ismerte volna, mind az első, mind pedig a második szivárvány keletkezését helyesen megmagyarázza. Az első (alsó) ív szerinte úgy jő

létre, hogy az esőcseppekbe hatoló sugarak a csepp hátulsó belső felületén visszaveretnek s a csepp előlapja által újra megtöretnek. Hasonló, csak hogy kétszeres belső visszaverődés folytán keletkezik a második szivárvány. De arról, hogy a cseppek bizonyos részei miért verik vissza a sugarakat, valamint arról, hogy miért van a színeknek ellenkező sorrendjük a két szivárványban, a Theodorich műve számot nem ad. Sajnos, hogy ez a mű, mely az optika fejlődésére bizonyára kiváló hatással lehetett volna, ismeretlen maradt. Később nagy fáradsággal kellett újra kipuhatolni ama tényeket, melyeket a Theodorich műve már magában foglalt.

A XIV-ik századnak a természettudományokra nézve legfontosabb jelensége abban áll, hogy ekkor kezdődtek meg az öntudatosan s bizonyos előre meghatározott tervek szerint tett geográfiai fölfedezések, melyek az európai népek természeti ismereteit határtalanul kibővítették. Nincs a természettudományoknak olyan ága, melyre nézve a geográfiai nagy fölfedezések, közvetetve

vagy közvetetlenül, messzeható befolyást nem gyakoroltak volna. Ezek a fölfedezések, melyeknek az egész emberiségre kiterjedő politikai és társadalmi befolyásáról itt nem is szólhatunk, a fizikai tudományok ujjaszületésének bár nem közvetlen, de mégis rendkívül hathatós tényezői valának.

Az első nagyszabású tény ezen a téren a kelet-indiai tengeri út fölfedezése volt. Afrika körülhajózásának eszméje már Tengerész Henrik portugál infansban (1394-1473) fogamzott meg. A bátor "Lusiádok" lassan, de biztosan törekedtek a kitűzött célhoz, s Afrikának hegyfokait egyiket, a másik után, megkerülték. Az első nagy eredményt Bartolomeo Diaz vívta ki, ki a déli fokot, vagy a mint ő az ott kiállott szenvedések emlékére nevezte, a Cabo tormentoso-t fedezte föl. II. János portugál király e fölfedezésben a föladatot félig-meddig megfejtettnek tekintvén, a hegyfokot a találó Cabo de la buena esperança névvel jelölte. S valóban, ez a jó reménység nem volt hiú, mert 1497-ben Vasco da Gama a fokot kö-

rülhajózta s a következő évben Kelet-Indiába szerencsésen megérkezett, tehát nyugatról érte el azt, a mit Kolumbus kelet felől vélt elérhetőnek.

Ez nagy eredmény volt; mégis, ha a nagy fölfedezésekről van szó, első sorban s mintegy önkénytelenül jut eszünkbe az oczeánontúli fölfedezés, Amerika fölfedezése.

Az olaszokat illeti a dicsőség, hogy nemcsak hogy Európában az ókori czivilizációt új életre ébresztették, hanem még azt a nagy fölfedezést is tették, mely az újkor elején a világot és a kultúrát átalakította. Ha ezt a nagy forradalmat Amerika fölfedezésével hozzuk kapcsolatba, akkor Amerikának csakis második fölfödözéséről lehet szó. Ugyanis tudva van, hogy a XI-ik században Leif, a Vörös Erik fia, Amerikát észak felől fedezte föl s dél felé az északi szélesség 42 fokáig haladt. E fölfedezésre a norvég Naddod adott alkalmat. Naddod a IX-ik század második felében vihar által Izland partjaira vettetett; e szigeten az első normann kolónia 875-ben Ingolf vezetése alatt



telepedett le; száz évvel később az izlandiak Grönland partjain kötöttek ki, s ezután csak száz évvel történt a közelfekvő Labradornak fölfedeztetése Leif által. A régibb, azaz a Leif előtti állítólagos fölfödözéseknek történelmileg megbízható alapjuk nincs.

Tudva van az is, hogy az északi Európa és az északi Amerika közötti összeköttetés a XIV-ik században megszakadt, minél fogva Amerikának első fölfedezése az északi népek szellemvilágára kiváló befolyással lehetett ugyan, de sem a világtörténelemnek, sem pedig a kultúra-történelemnek folyására észrevehető hatást nem gyakorolt; Amerikának a normannok által való tagadhatatlanul első fölfedezését szigorúan meg kell különböztetni ugyanazon kontinens tropikus részeinek fölfedezésétől. A második, a tulajdonképeni fölfedezésre nem a vihar haragja, nem a szomszédos részekre való természetszerű költözködési hajlam, hanem történelmi nagy előzmények és az emberi szellem búvárkodó tevékenysége adtak alkalmat.

A génuai Kolumbusz Kristóf szellemét a portugallok fölfedezései s még inkább a Marco Polo leírásai lázas izgatottságba hozták; a mesés Cipango (Japán) és Kathai (Khina) ellenállhatatlan vonzalmat költöttek nagy lelkében. Kolumbusz 1474-ben közölte tervét a flórenczi Paolo Toscanelli-vel, egy az asztronómiában nagy jártasságú férfiúval. Toscanelli biztatásai után Kolumbusz szellemében a nagy terv teljesen megszilárdult s e pillanattól kezdve csak a kivitel eszközeire gondolt.

Miután Kolumbusz-t a saját hazája, Génua, akkori balsikerei által lehangoltatva, meg nem hallgatta, más hatalmak pedig elutasították, végre is a magasra törekvő Hispánia, mely éppen akkoriban volt a mórok uralmának véget vetendő, vette kezébe az ügyet. A terv kivitele elé azonban még sok akadály gördült, mert az eretnekeket ernyedetlen buzgalommal égető Hispánia jónak látta, hogy Szalamankába tudós és nem tudós egyháziakból álló tanácsot hívjon össze, hogy ez a tanács a merész tervről véleményét nyilvánítsa. E tudós

férfiak leereszkedő göggel mosolyogtak a terv fölött, s nem is tartották érdemesnek, hogy a dolgot érdemlegesen megvitassák. E helyett két tekintélyre, Lactantius- és Augustinus-ra hivatkoztak, s ezekkel az antipodák lehetőségének kérdését egy csapással eldöntötték, "mert senki sem járkalhat fölfelé tartott lábakkal s lelógó fejjel, s a fák sem növekedhetnek lefelé, de még nem is eshetik s nem havazhatik fölfelé, végre pedig, teljes lehetetlenség, hogy olyan népek is létezzenek, melyek a Noe leszármazási táblájában elő nem fordulnak." Még azok is, kik efféle badarságok fölött nevettek, az utazás nehézségeiben és hosszúságában legyőzhetetlen akadályokat láttak. E nézetek s az egyidejű mór háború az Újvilág fölfedezését hat évvel késleltették.

A fölfedezés története és a Kolumbus sorsa sokkal ismeretesebbek, semhogy azokat még csak általános vonásokban feltüntetnünk kellene.

A bevégzett világtörténelmi esemény után az európaiak szeme előtt új világ tárult föl. A termé-

szet szépségei iránt már-már ébredező fogékony-ság nyílt lelkesedésben tört ki; a világnézet hirtelen átalakult, s az emberi értelem előtt minden akadály csekélyesnek látszott. A nagy mű befejezéséhez még csak a harmadik hiányzott: a Nagy-Oczeánt kellett keresztülhajózni. E feladat megfejtése a nagy előzmények után nem sokáig váratott magára; a portugál Fernando de Magelhaens és Cano sikerült vállalata után a föld kereksege az emberi értelem számára meghódított.

Eme világtörténelmi események után az emberi tevékenység száz meg százféle ága előtt egészen új, mindakkoráig járatlan mezők nyíltak meg. Azonban e nagy eseményeket megelőzte egy másik, amazoknál sokkal szerényebb esemény, mely hívatta volt arra, hogy az emberi tevékenység mindegyik ágának egyaránt fontos szolgálatokat tegyen, hogy a szellemi érintkezésnek s élénkebb mozgalomnak akadályait egy csapással elhárítsa. Ez az esemény a könyvnyomtatásnak feltalálása volt.

A könyvnyomtatás, mindamellett hogy pusztán technikai találmány, a civilizáció történetében a legdíszesebb helyet vívta ki magának. A német nemzet büszkén vallhatja a magáénak e találmányt mint olyat, a mely az ő ölében kelt életre.

A könyvnyomtatás előfutója, sőt mondhatjuk a szülőanyja, a fametszés volt. Fametszetekkel a XV-ik század elején találkozunk először; legnagyobb részük szent képeket ábrázol. Németalföldön, hol a vallás és a humanizmus benső egyesítésének eszméje előbb fogamzott meg mint bárhol másutt, a fametszést könyvek nyomtatására is kezdték alkalmazni. Azonban e könyvek csak igen csekély terjedelműek, a legtöbbször pedig kevés szöveggel ellátott képes könyvek valának. Kétséget nem szenved, hogy a fametszés, idők folytán tökéletesbülvén, kisebb mértékben előidézhetne volna mindazokat az eredményeket, melyeket a könyvnyomtatás óriási mértékben előidézett. De a tökéletesebb eszköz, a könyvnyomtatás, sokkal hamarabb jött létre, semhogy a

bekövetkezett üdvös eredményeket a fametszés-től kellett volna elvárni.

Miként az ókorban hét város vitatkozott a Homér bölcsője fölött, úgy az újabb időkben a német, hollandi és olasz városok egész serege évszázadokon át küzdött ama dicsőségért, hogy magukat a könyvnyomtatás bölcsőjének nevezhessék. Mainz, Strassburg, Bamberg, Würzburg, Lübeck, Augsburg, Bázél, Harlem, Dortrecht, Antwerpen, Flórencz, Feltre, Velence stb. mindannyian részt vettek eme küzdelemben. Nem lehet célunk, hogy itt e találmány kritikai történetét előterjeszszük, s csak annyit jegyzünk meg, hogy a miként sok más találmány eredetének eldöntésénél, úgy itt is, a körül fordul meg minden, vajjon mit értünk az illető találmány alatt, azaz a fejlődésének melyik stadiumában kezdjük megilletni avval a névvel, a melylyel jelenleg megilletjük. Kétségen kívüli dolog, hogy a metszés a XV. században igen sok városban volt elterjedve, s hogy egyes mesterek a metszésnek a könyvnyomtatásra való alkalmazását megkönnyíten-

dők, különféle mesterfogásokat alkalmaztak. Ha azonban a könyvnyomtatást a szó modern értelmében fogjuk föl, akkor az igénytartók száma rendkívül lepad, sőt a dicsőség koszorúját csak egy városnak nyujthatjuk a nélkül, hogy a történelmi igazságot megsértenők.

Egy Gensfleisch nevű mainzi patriczius, kit anyja családi neve után közönségesen Gutenberg-nek nevezünk, ismeretlen körülmények folytán Strassburgban tartózkodott s e városban különféle technikai kísérleteket hajtott végre. E közben az a gondolata támadt, hogy jó volna a minden egyes könyvnél okvetetlenül újra készítenő fametszéseket azáltal elkerülni, hogy minden egyes betű önálló metszetet képezne, s ennek folytán többféle nyomtatványnál alkalmazható lenne. Gutenberg maga fogott az eszme kiviteléhez, de a fabetűk alkalmatlanoknak bizonyultak be, minélfogva egy aranyművessel fémbetűket csináltatott. Négy évvel később Gutenberg visszatért Mainzba's egy ottani Fust nevű vagyonos polgárral szövetkezve egy nagy könyvnyomtatót

alapított. Azonban alig hogy az első nyomtatott biblia 1455-ben megjelent, Gutenberg a társával számadási differenciák miatt összeveszett s Schäffer-rel egyesült; ez utóbbi a betűöntést nagy mértékben tökéletesítette. Gutenberg 1468-ban, művészetétől visszavonulva halt meg, de a nagy találmány villámgyorsasággal járta be az egész művelt világot; a XV-ik század végén már tízezer-nél több könyv nyomtatott. A találmány legnagyobb mértékben a minden szellemi mozgalomra már teljesen előkészült Itáliában terjedt el.

A könyvnyomtatás rendkívüli hatásait körülményesen leírni fölösleges dolog volna. Elég, ha azt mondjuk, hogy az volt a tudományok extensiv terjedésének leghatalmasabb eszköze, s a szellemi szabadság leghatalmasabb fegyvere. Az előszóval való oktatás megszűnt a tudomány terjesztésének majdnem kizárólagos eszköze lenni, s míg azelőtt a tudományok művelő erejének csak azok örvendhettek, kik oly szerencsések valának, hogy valamely főiskolán lehettek, addig most az eszmék országa ezer meg ezer ember



előtt egyszerre nyílt meg. A könyvnyomtatás a szellemi dolgok fölött gyakorolt zsarnokságnak egyszerre s mindörökre véget vetett; mert míg azelőtt, ha az igazság bajnokát a börtönbe vetették, a szavát is elnémították, addig most a börtön, láncz, kínpad és máglya nem voltak képesek az igazság áramának folyását feltartóztatni, s az index-kongregációk a hatalmas árammal vívott küzdelemnek nagyon szánandó képét nyújtották.

A könyvnyomtatás segítségével kivívott eredmények a legfeltűnőbbben Németországban mutatkoztak. Úgy látszik, mintha Németország csak hatalmas eszközre várt volna, hogy keresztül vigye azt a nagy tervet, melyet az akkoriban sokkal műveltebb Itália sohasem vihetett volna keresztül, t. i. a reformációt.

Eme világtörténelmi esemény indító okait, a nélkül, hogy ezekre a figyelmet különösen fölhívtuk volna, már többször jeleztük.

Majdnem mindegyik nemzet keblében akadtak egyes kiváló férfiak, kik a vallási reform szükség-

ges voltát erélyesen hangoztatták, s szellemi tevékenységükkel a reformácziót többé-kevésbbé öntudatosan előkészítették. Mégis az eszmék megvalósítása Németország számára volt föntartva.

A német humanizmus, mely a reformáczióhoz természetes átmenetet volt eszközlendő, később éledt föl mint az olasz. A humanizmus iránti lelkesedés Itáliából először Franciaországba ment át, de itt kevesebb hatást gyakorolt mint Németországban. Különben is Németországban már a humanizmus föléledése előtt is a skolasztika ellen éles opposziczió nyilvánult, mely opposzicziónak eredete Németalföldre vezethető vissza.

Huss János volt az első, ki a klasszikus ókor helyesebb ismeretét szabadelvűbb vallási nézetekkel hozta kapcsolatba s ezáltal mind a skolasztikának mind pedig a pápai főnhatóságnak erélyesen ellenállott s a reformáczió utját vértanúságával törte meg. Szomorú sorsa a hierarchia ostorozóit eleintén visszariasztotta ugyan, de

ezek annál nagyobb buzgalommal fogtak az ókoriak tanulmányozásához. A bázeli és a konstanzi zsinatok a német földre sok olasz tudóst vezettek, s az ezekkel való megismerkedés a föléledt filológiai buzgalmat még inkább fokozta. Számos német tudós Itáliába vándorolt, hol nem csak arra nyílt alkalmuk, hogy ismereteiket bővítsék, hanem hogy egyúttal a pápai uralom mély süllyedését közvetetlenül szemléljék. Hämmelin, Heimbürg és Wesel voltak a kiválóbbjai azoknak a férfiaknak, kik üdvös reformeszmékkel tértek vissza Itáliából. De a német humanizmus virágzása csak Reuchlin és Erasmus föllépése által érte el a tetőpontját. Ugyanazt az irányt, melyet Itáliában Dante, Boccaccio és Petrarca képviseltek, ez a két férfiú, persze a külviszonyok által jelentékenyen módosított tevékenységgel, Németországban juttatta érvényre.

Johann Reuchlin (1455-1522) egy bádeni ifjú örgróf kíséretében Párisba utazván, e városban megismerkedett a skolasztikus filozófusok vitáival s egyszersmind Johann Wessel-lel, ki őt a

klasszikus tanulmányokra bízta. A II. Pius pápa által 1460-ban Bázelen az ottani zsinat emlékére alapított egyetemen a görög Andronikus Kontoblakas-t hallgatta s egy bázeli művelt könyvnyomtatónak, Johann Amerbach-nak biztatásaira összeállított egy latin szótárt, mely rövid idő alatt 23 kiadást ért. Ezután a görög nyelvről tartott előadásokat, melyek oly tetszésre találtak, hogy a szerzetesek már a római rendszert vesztélyben forogni látták, minélfogva a jeles ember elleni áskálódásaikat megkezdették. Miután egy ideig Franciaországban és Tübingában tartózkodott, a württembergi herczeggel Rómába utazott, hol jó latinságával a bibornokokat bámulatba ejtette. Visszatértében Flórenczben megismerkedett Lorenzo udvari körével és Pico Mirandola-val, kinek befolyása által misztikus szellemi irányzata új táplálékot nyert. Reuchlin Heidelbergben akart letelepedni, de az ottani skolasztikus szerzetesek, kik az egyetemet uralták, a görög és héber előadások tartását megtiltották neki. 1510-ben megbizást kapott, hogy egy Pfeffer-

korn nevű keresztelt zsidónak a zsidók üldözésében kifejtett tevékenysége ügyében vizsgáló bíróként szerepeljen. Azonban Reuchlin részrehajlatlan és igazságos magatartása a dominikánusoknak ahogy sem tetszett s machinációikkal annyira vitték a dolgot, hogy Reuchlin mint eretnek és "az álnok zsidók pártfogója" az eretnekek ellen fölállított mainzi törvényszék elé idéztetett. De Reuchlin nem ijedt meg, s ügyével X. Leo pápához apellált. A vallási vitákkal különben is nem szívesen bajlódó pápa, mindamellett hogy a dominikánusok minden lehető pressziót gyakoroltak reá, a pört beszüntette, s Reuchlin filológiai nyugalmas munkában töltötte hátra levő napjait. Halála után barátai és hívei folytatták a szerzetesekkel megkezdett harcot, s az "obskuránsok levelei" (*Epistolae obscurorum virorum*, Coloniae, 1518) című híres iratukkal a szerzetesek skolasztikáját és konyha-latinságát annyira nevetségessé tették, hogy még sokan az ellenfelek közül is a támadók táborába léptek át.

Reuchlin-nél sokkal passzívabb szerepet játszott a hollandi Erasmus Rotterdamus (Gerhard Hohe goudai lakosnak törvénytelen fia, 1467-1536). Erasmus klostromban neveltetett s nevelői őt is szerzetesnek szánták, de a cambrai-i püspök őt a szolgálatába fogadván, a klostromból szerencsésen megmenekült. Ezután a párisi egyetemet látogatta, azonban az ott előadott skolasztika őt a theológiától egészen elidegenítette, de annál nagyobb hévvel fogott a humanisztikai tanulmányokhoz. Miután egy ideig Angolországban tartózkodott, szorult anyagi körülményei őt az irodalmi pályára terelték. Az Enchiridion militis Christiani (a keresztény harcos kézikönyve) című művében ama németalföldi irányzat érdekében polemizált, mely a kereszténységet inkább a lélek életében mint a külső formákban vélte föltalálhatni; ez a mű az igazán vallásos érületnek lelkesedését és a szerzetesek gyűlöletét egyaránt felkeltötte. Az ezután irt "klasszikus mondásait" később két pápa jónak látta egyházi átokkal sújtani. Erasmus e munkái mellett szorgalmasan

fordítgatta a görög írókat latinra, s mintán a tudományok hazáját, Itáliát is meglátogatta, másodszor is Angolországba ment, hol More Tamás házában (görög cím alatt) megírta "A bolondság dicsérete" című híres művét, mely a reformáció egyik leghangosabban szóló előhírdetője volt. A mű rendkívüli föltűnést keltett, s megjelenése után már az első hónapokban két kiadás fogyott el belőle.

E műnél még sokkal fontosabb volt Erasmusnak ama vállalata, mely az Új-Testamentom első tudományos (görög) kiadásából állott. A görög szöveg mellé a latin, a hibás Vulgatától független fordítás volt csatolva. Míg Reuchlin a héber nyelv ismeretét az Ó-Testamentomra, addig Erasmus a latinnak ismeretét az Új-Testamentomra értékesítette. Tehát mind a ketten előkészítették a reformátorok munkáját, mely, mint tudva van, a Szentírás terjesztésében kulminált.

Az Új-Testamentomot követték az egyházi írók kritikai kiadásai (görög és latin nyelven),

melyeket szabadelvű nézeteinek terjesztésére használt föl. Erasmus e rendkívüli tevékenységgel vallási élénk mozgalmakra adott alkalmat, bár maga a vallási viták iránt eléggé közönyös volt s csak egy dolog iránt, a filológiai tudományok iránt érdeklődött. Nem csoda tehát, ha Erasmus akkor, midőn a nagy vallás-háború kitört, a midőn tehát neki is határozott színt kellett volna vallania, nagyon kényes helyzetbe jutott. Kétértelmű magaviseletével a szerzetesek gyűlöletét s a reformátorok bizalmatlanságát egyaránt fölkelte, de a legszorongatottabb helyzetbe akkor jutott, mikor a katolikus theológusok, kik kiváló tudóssal nem rendelkeztek, őt arra kényszerítették, hogy Luther ellen írjon. Az ekkor már öreg és beteges férfiú végre erre is rászánta magát s Luther-t azaz ennek csak egyetlen egy, a megtámadásra valóban méltó tételét, a szabadkarat elnyomását, megtámadta. De fáradhatatlan lelkének főgondja a klasszikusok kiadása volt, s mindaddig az is maradt, míg kizárólag az



ókori tudományosságnak szentelt életét be nem fejezte.

A német humanizmus magas fokú kifejlődése által a reformáció teljesen elő volt készítve s azok, a kik Reuchlin és Erasmus után még a sorompóba léptek, az előzményekhez új tényekkel nem igen járulhattak. De erre már nem is volt szükség. A reformáció tüze már az Erasmus korában magas lángokban csapott föl, hogy elpusztítsa mindazokat a korlátokat, melyeket kiváló szellemek évszázados munkája az útból el nem takaríthatott. Persze, hogy az még most is nagy kérdés, vajjon a reformáció teljesen megoldotta-e ama nagy föladatot, melyet megoldani hivatva volt. Nagy munkába kellene fognunk, ha e kérdés diskussziójára akarnánk vállalkozni. Ez azonban úgy sem lévén föladatunk, csak azt akarjuk hangoztatni, hogy a végleg bekövetkezett reformáció által évszázadok előzetes munkája ülte diadalát. A reformáció megmutatta, hogy a szellem szabadságát fékező korlátok bármily erősek legyenek is, végtére is összeomlanak; buká-

suk a szellemi emelkedés és a fölvilágosodás új korszakának bekövetkeztét hirdetik.

Miután az eddigiekben az értelmi erő és a szellemi szabadság fejlődésének történelmi fázisait általános vonásokban rajzoltuk, áttérhetünk az ismertetésére ama férfiak életének és tudományos tevékenységének, kik a fizika ujjászületésének közvetlen előkészítői voltak. A fizika ujjászülete az amaz impozáns időszakba esik, melyben az emberi szellem minden irányban nyilatkozó tevékenysége a világtörténelem új korszakát nyitotta meg. Az ókori tudományosság föléledése, a nagy találmányok és geográfiai fölfedezések, végre a szellemi szabadság diadala szükségképen maguk után vonták az ujjászületését, vagy a modern fölfogásnak engedve mondhatjuk a megteremtését ama tudománynak, mely az észlelt és a gondolkodó tehetség összhangzatos együttműködésének az eredménye. Az emberi tehetségek emez együttműködése folytán a XV. század második felében az ég és föld tüneményei az emberi értelemnek az örök harmónia törvényeit kezdik han-

goztatni. A szellemi forradalmak emez időszakába esik a működése azoknak a férfiaknak, kik a modern fizika útját egyengették; s midőn az út nagyjában már meg volt törve, midőn a szellemi forradalom első nagy időszaka már lezajlott, akkor lépett fel Galilei, hogy a jövő századok számára a fizikának biztos és szilárd alapjait vessen.



# LEONARDO



*Leonardo da Vinci*

A milanói S. Maria delle Grazie nevű klostrom refektoriumában van egy fal-festmény, mely az Úr vacsoráját ábrázolja. E képnek százezrekre menő utánzatai és másolatai föltalálhatók az egész föld kerekiségén mindenütt, a hol keresztények laknak. Az immár négyszáz éves kép szerzője Leonardo da Vinci, az olasz festőművészet egyik korifeusa.

Ez a kép, ha Leonardo többet nem festett volna is, egymagában elegendő volna arra, hogy festőjét minden művelt ember kiváló művésznek ismerje. A műtörténelemben járatosabbak még azt is tudják, hogy a Leonardo művészetének dicsőségét sem Michel Angelo, sem Rafael nem homályosíthatták el, de sokkal csekélyebb a száma azoknak, kik Leonardo-ban az emberi ismeretek mindegyik ágának kiváló művelőjét, a tudományoknak, különösen pedig a természettudományoknak megújítóját ismerik. Pedig ha nemes szelleme termékeit, melyek persze csak évszázadok után találtak a megérdemlett méltatásra, a kellő figyelemmel vizsgálgatjuk, arra a meggyő-

zódésre kell jutnunk, hogy itt az olasz föld szülte legkiválóbb emberek egyikével van dolgunk; hogy a fizikában ő volt a Galilei előtti korszak legkiválóbb alakja; hogy tudománya, s mi még többet mond, tudományos módszere őt teszik Galilei legnagyobb és legméltóbb előfutójává.

Leonardo, a flórenczi signoria egyik jegyzőjének törvénytelen fia, a Flórencz közelében levő Vinci nevű kastélyban 1452-ben, tehát 112 évvel Galilei előtt, született. Már gyermekkorában föltűnt nem csak a művészet iránti hajlamai, hanem alkotó képessége által is, s mint fölserdült ifjú már valóságos remekműveket alkotott. Midőn mesterének, Verocchio-nak egyik képébe egy angyalt festett, a művész szégyenkezve, hogy tanítványa felülmúlta, megfogadta, hogy az ecsetet többé kezébe nem veszi.

Leonardo művészi tevékenysége mellett matematikai, mechanikai és hidraulikai föladatokat megfejtésével is foglalkozott; technikai czélokra szánt különféle gépeket tervezgetett s ezek rajzait

és mintáit készíté. Nem csekélyebb buzgalommal űzte a zenét, sőt új hangszereket is talált föl; végre, különösen mint improvizátor, nem csekély költői tehetséget is árult el.

1482-ben Lodovico Maria Sforza milanói herczeg szolgálatába lépett, s a herczeg bukásáig (1499) Milanóban maradt. Ebben az időszakban hozta létre művészete remekeinek nagy részét: azonkívül mint műépítő és mint mérnök is működött: épített, csatornákat ásatott, az Adda vizét a Naviglio della Martesana-val Milanóig vezette. Ebben az időszakban írta a tanítványai számára Trattato della pittura cím alatt azt a művét, mely, bár nem az eredeti alakjában, egyedül maradt ránk közvetetlenül. E műben különös figyelmet érdemel az a körülmény, hogy tanítványait első sorban a természetnek és nem az antik művészetnek tanulmányozására utalja; különös súlyt fektetett az anatómiára, s maga is anatómiai táblákat rajzolt, melyeket Marc Antonio della Torre Páduában az anatómiai előadásainál használt. A milanói akadémia az ő auspicziumai alatt alapít-



tatott s ő általa igazgattatott, s ő volt az akadémiai tagok munkásságának leghathatósabb támogatója. Ez utóbbi irányban nyilatkozó tevékenysége a legfényesebben tünt ki a Luca Paciolo Divina Proportione című művében, mely a test arányainak s a perspektívának addig nem ismert vagy elhanyagolt törvényeit tárgyalja. Ez a munka úttörő volt; ennek alapján emelkedett az olasz művészet a tökéletesség legmagasabb fokára.

1500-ban Leonardo kénytelen lévén Lombardiát odahagyni, Flórenczbe ment, a hol ismét művészies munkálkodás mellett vízépítéssel, nevezetesen az Arno szabályozásával foglalkozott. 1502-ben mint udvari építő és főmérnök Borgio Valentino herczeggel a toskánai tartományban körutat tett s a várakat vizsgálta meg. 1505-ben Barbigában - hol családjának birtoka volt - tartózkodott, de néhány kisebb utazás után, a signoria meghívására, ismét Flórenczbe tért vissza. 1508-ban Vaprio- és Canonicában találjuk, mely helyeken a Naviglio della Martesana hajókázhatóvá tételével foglalkozott; a következő

évben pedig a Milano melletti St. Cristoforo csatornát fejezte be. Ugyancsak Milanóban XII. Lajos francia király diadalmenetének fényes díszleteit készítette, a miért a királytól St. Cristoforonál a Naviglio egy részét ajándékba kapta; a király őt egyszersmind udvari festőjévé is kinevezte. Leonardo a tulajdonát képező csatornán bámulatra méltó zsilipet épített. A következő években csak a tudományokkal, különösen pedig M. A. Torre-nél Páduában az anatómiával foglalkozott.

Sforza Miksa herczeg Milanót időközben birtokába ejtvén, Leonardo-t is rövid ideig eme városban találjuk; de 1513-ban ismét Flórenczbe, innét pedig Giuliano da Medici érsekkel Rómába utazott. Úgy látszik azonban, hogy Rafael-nek és Michel Angelo-nak ez időkre eső működése őt nem igen ösztönözte a művészetek gyakorlására, mert római tartózkodása alatt inkább tudományos dolgokkal, nevezetesen a mechanikával és az optikával foglalkozott. X. Leo pápa kegyeit csakhamar elveszíté, mert a pápa, ki őt egy kép festésé-

vel bízta meg, arról értesült, hogy Leonardo a chemiával foglalkozik. Ez a foglalkozás pedig abban állott, hogy Leonardo festményekhez való lakkokat készített! Leonardo elhagyta a pápai udvart s élete ezután folytonos bolyongásból állott. Miután 1515-ben rövid ideig

## 51

Flórenczben tartózkodott, a következő évben Milanóba ment, mely városba I. Ferencz francia király is ugyanebben az évben vonúlt be. Ez időtől fogva a francia király kíséretében maradt s őt Franciaországba is követte, de már 1519. május 2-ikán az Amboise melletti Cloux kastélyban, tanítványai körében meghalt.

Leonardo viszontagságos élete hangosan bizonyítja, hogy eme kiváló férfiú értékét kora föl nem ismerte. Még azok is, kik őt különös pártfogásukba vették, elmulasztották, hogy őt érdemei és tett szolgálatai arányában jutalmazták. Milanói első tartózkodása alkalmával Sforza Ferencz szobrának készítésével bizatott meg. Ez a

szobor, mely a kortársak tanúsága szerint a leghíresebb szoborművekkel vetekedett, igénybe vette Leonardo idejének nagy részét, s mégis, a mint Leonardo maga írta, a mikor azon már néhány évig dolgozott, alig kapott annyit, hogy munkáit kifizethesse, s végre még ruhát is kellett kérnie, hogy testét befödhesse, s kicsibe múlt, hogy a művészetekről le nem kellett mondania!

A szép szobrot, melyen Leonardo tizenhat évig dolgozott, a mikor a francziák Milanóba vonultak, a gascogne-i lövészek lerombolták. Nem sokkal jobb sorsa volt Leonardo festményei nagy részének, de a legrosszabb sors várakozott kézírataira. Leonardo maga egy művét sem adta ki; jegyzeteit kisebb füzetekké egyesített lapokra írta, mely eljárása a főoka annak, hogy iratai nagyrészt elkallódtak. Műveinek későbbi kiadásaicsak hiányos és gyakran ferdített másolatokból állítottak össze. De mindamellett, hogy iratai avatatlan kezek közé kerültek s ez oknál fogva is nagyon szétszóródtak, mégis 15 kötetre rúgnak. Ez iratok legnagyobb részt Párisban a Bibliothèque

Mazarinben, a francia Institut épületében őriztetnek. Venturi, ki azokból a tudományra nézve fontosakat kivonatozta, azt állítja, hogy a festés e rendkívüli ember foglalkozásainak csak csekély részét tevő, s mint műépítő, szobrász, zenész és tudós korának egyaránt kimagasló alakja volt. A tudományok legkülönbözőbb ágait ú. m. az algebrát, a mechanikát és fizikát az asztronómiát egyenlő buzgalommal s korának viszonyaihoz képest fényes eredménynyel művelte, sőt bizonyos szakokban, mint a dinamikában, a hidraulikában, a perspektívában és az anatómiában úttörő volt. A milánóiak méltán írhatták Leonardo márványszobrának talpkövére: *al rinovatore delle arte e delle scienze*.

Tekintsük meg Leonardo-nak a fizikában szerzett érdemeit. Leonardo kéziratait Venturi és Libri tüzetesen átvizsgálták; a következőkben e két tudós ide vonatkozó műveire fogunk támaszkodni.

Mivel a Leonardo foglalkozásainak jelentős része a száraz- és a vízépítés volt, a gépek szerkesztésével, vagyis az akkori mechanikával szűkösképpen kellett foglalkoznia. Leonardo nemcsak, hogy a régibb egyszerű gépeket javította, hanem még számos új összetett gépet szerkesztett. De Leonardo nemcsak föltaláló, hanem még spekulatív tehetség is volt, a minek a legnyomósabb bizonyítéka az, hogy a dinamikának, a Galilei új tudományának nyomai ő nála kezdődnek. Ő volt az első, ki a lejtős esés törvényeit ismerte, mert a sokkal könnyebben meghatározható egyensúly-föltételen kívül a lejtős esés idejének a függélyes esés idejéhez való viszonyát is helyesen határozta meg. Nála találjuk egyszersmind a virtuális sebességek elvének nyomait, s mivel a szabadon eső test sebességét számtani arány szerint növekedőnek s a nehézségi erőt állandó gyorsító erőnek képzelte, nyilván való, hogy a szabad esés lényegét is ismerte.

Leonardo meghatározta a piramis súlypontját s ezt az alap súlypontját a csúcscsal összekötő

egyenes negyedrésszére helyezte. Eljárása meg-  
egyezett a jelenlegivel: a piramist az alappal pár-  
huzamos szeletekre osztotta. Valamely testrend-  
szer súlypontját akképen határozta meg, hogy  
először az egyes testek súlypontjait kereste föl, s  
ezután az emeltyű törvénye segítségével a teste-  
ket kettesével kombinálta. A mi a piramis súly-  
pontját illeti, megjegyzendő, hogy azt már Archi-  
medes föltalálta, de a szirakúzi matematikus  
eljárása ismeretlen maradt. A tudományok ujjá-  
születése óta Leonardo foglalkozott először a  
súlypont tanával; azonkívül az ütközésről is írt  
egy munkát; figyelembe vette a surlódást s ennek  
hatásait szellemes kísérletek által megállapította,  
egyúttal fölismerte a perpetuum mobile lehetet-  
lenségét. Hogy a gépek hatásképességét megha-  
tározza, dinamométert szerkesztett; az állatok  
munkaképességének maximumát azok testének  
súlyából és izomerejéből kombinálta. A levegő  
ellenállását, súlyát és sűrűsödését észleletek által  
állapította meg, s a levegő súlyos voltából a

könnyű testek fölemelkedését s a felhők képződését magyarázta meg.

Leonardo a madarak röpülését és az állatok mozgását körülményesen tanulmányozta. Mechanikai és anatómiai vizsgálatainak az a céljuk látszott lenni, hogy velük kitalálja az ember repülésének módját. Az általa föltalált egyéb gépekben praktikus szellem nyilvánul: alig volt az iparnak és a mesterségeknek ága, melynek segédeszközeit valamely czélszerű géppel nem gyarapította volna. Hidraulikai vizsgálatai őt korának első víz-építő mérnökévé avatták. A folyós testek fizikájában még a hajcsövekre vonatkozó észleletei által tűnt ki.

Az akusztikában nem csak az által tette a nevét emlékezetessé, hogy új hangszereket talált föl, hanem még az által is, hogy a rezgő lapokon keletkező szabályos poralakokat észlelte.

Az optikában ismerte a lencse nélküli sötét kamrát, melyre a látás elméletét alapította. A fény diffrakciójára vonatkozólag egy fontos észlele-



tet tett. "Valamely sötét helyről szemlélt fényes nyílás, mondja Leonardo, bár mindenütt egyforma széles légyen, mégis erősen összeszorúl a környékén ama tárgynak, mely a szem s eme nyílás közé tétetik."Leonardo megmagyarázta a hold szürke fényét; foglalkozott a csillagok reszkető fényével, melyről megjegyezte, hogy ez nem a csillagban, hanem a szemünkben keletkezik. Leonardo elvetette a fény emissziós elméletét s bár a fénytüneményeket az általa tüzetesen tanulmányozott vízhullámok tüneményeivel közvetlenül nem hasonlította össze, a fény és hang terjedésének módját mégis azonosnak képzelte.

Leonardo sokat foglalkozott a meteorológiával; a hőmérő és a higrométer eszméjével nagyon megbarátkozott, s e készülékek első, persze még nagyon gyenge nyomait nála találjuk föl.

A föld mozgásáról való nézetet, Kopernikus előtt, támogatta, s az ég fizikájának többrendbeli kérdésével foglalkozott.

Leonardo volt az első, ki a megkövült állatokat és növényeket, valamint a geológiai rétegeket, melyekben azokat találta, gondosan megfigyelte. Ezenkívül tüzetesen tanulmányozta az összehasonlító anatómiát és a növény-fiziológiát.

A mechanikát és a fizikát az algebra és a geometria segítségével tanulmányozta. A geometriáról külön munkát írt; algebrai vizsgálatainál a betűket használta; a + és - jelek is tőle erednek.

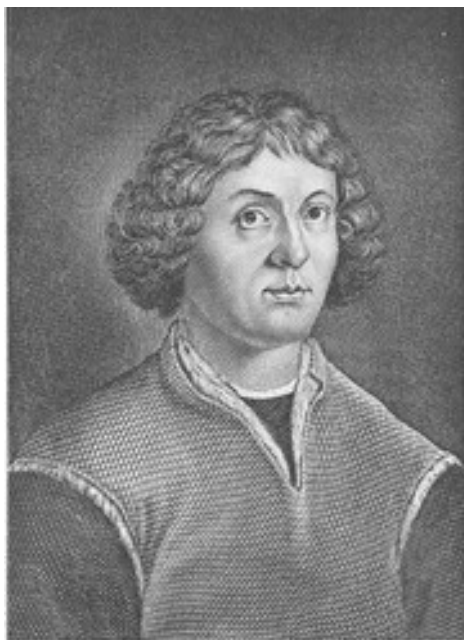
E nagy számú fölfedezések által Leonardo az újjászületés korszakának legjelesebb fizikusaival egyenlő rangra emelkedik.

De roppant ismereteinél még sokkal fontosabb az az irány, melyet a tudományok művelésében követett. Abban a korban, midőn csak Aristoteles volt tekintély, s mindenki csak ezt olvasta és értelmezte, de tanainak javítására vagy esetleg a tovább fejlesztésre senkisésem gondolt, ebben a korban Leonardo nemcsak hogy a tudományt tényleges eredményekkel gazdagította, hanem a mi még fontosabb, megjelölte a módszert is, mely a

természet helyes ismeretére vezet; rendkívüli ismereteit nem csak a szorgalmas észlelésnek, hanem a reflexiók hosszú sorának köszönhetette; az észlelet szükséges voltát épen úgy ismerte el, mint az észszerű spekuláció fontosságát, s a természet tanulmányozásának módszerére nézve a leghelyesebb és legigazabb szabályokat állította föl; utasításai sokkal találóbbak, mint a későbbi filozófusoknak, nevezetesen verulámi Baco-nak terjedelmes művekben foglalt taglalásai; meg volt győződve arról is, hogy matematika nélkül biztos tudás nincs. A mechanikát a matematikai tudományok paradicsomának nevezte, "mert a mechanika által szerezzük meg a matematikai tudás gyümölcseit." E szavak mindenkorra a legszebben jellemzik a matematikának a természettudományokhoz való viszonyát; e szavai célzata által Leonardo határozottan előtüntette azt a különbséget, melynek a modern és az ókori fizikus között fenn kell állania. Az ókoriaknál a matematikai, tehát a spekulatív elem volt a túlnyomó; Archimedes-nél "az általa föltalált geo-

metriai tételeknek mechanikai fogalmakkal való kombinációja gyakran csak arra szolgált, hogy geometriai hajlamainak legyen mibe kapaszkodniok."Leonardo-val kezdődik a fizikának ujjászületése; a régi könyvek megszűnnek a tudományosság kizárólagos forrásai lenni, s az, a mi Roger Baco nál mint a pusztába kiáltott szó enyészett el, Leonardo messzire ható tevékenységében már egészen konkrét alakot öltött.

# KOPERNIKUS



COPERNICUS

## I. Kopernikus élete

A fizikai tudományok Leonardo-ban ünnepezték föltámadásukat. A mit Leonardo inkább passzív eljárásával dicsően megkezdett, azt Galilei erélye végleges diadalra juttatá. Hogy ez a diadal teljes lehetett, az Leonardo-n kívül még Kopernikus-nak köszönhető, ki az ég fizikájában ugyanazt tette, a mit Leonardo a föld fizikájában tett: megtörte az ókori hagyományoknak szellemet zsidbasztó korlátait, s az által, hogy a Kepler, Galilei és Newton műveinek útját egyengeté, a fizika fejlődésére a lehető legnagyobb befolyással volt.

Kopernikus életéről szóló eredeti okmányok nincsenek; a legrégibb biográfiát száz évvel halála után Gassendi írta. S bár Kopernikus neve a XVII-ik században nagyon is ismeretes volt: Galilei sorsa eléggé intő példa volt azok számára, kiknek kedvük lett volna, hogy Kopernikus-t és műveit érdem szerint méltassák.

KopernikusMiklós, a róla elnevezett világrendszer halhatatlan megalapítója, 1473. február 19. (mások szerint 1472. jan. 19.) született. Thorn volt ama városka, melyből Voltaire szavai szerint "kiáramlott az a fénysugár, mely jelenleg a világot elárasztja."

Kopernikus származásának körülményei olyanok, hogy nemzetiségét nem lehet biztosan megállapítani, s az e kérdésre vonatkozó - különben eléggé meddő - vita még most sincs eldöntve.

Hogy lengyel volt, a mellett bizonyít születés-helye, ámbár Thorn és az ermlandi érsekség a német lovagrendhez tartoztak, s Thorn csak Kopernikus ideje óta, csak szerződésszerűleg állott Lengyelország védnöksége alatt; lengyel nemzetisége mellett bizonyít még Zernecké thorni krónikájának egyik helye és Centner Geehrte und gelehrte Thorner című könyvében levő egyik nemzetség-tábla. E szerzők szerint a Kopernikus atyja krakkói polgár (seborvos) volt. Lengyel nemzetiségét mintegy megerősíti a lengyel nem-

zetnek iránta való rendkívüli tisztelete és kegyelete, melynek egyik maradandó bizonytsága az I. Napoleon által megrendelt és eredetileg Thornnak szánt, de 1829-ben Varsóban egy ottani tudományos társaság költségein fölállított emlékszobor (Thorwaldsen mintája), mely "Nicolao Copernico grata patria" föliratot visel; továbbá a gróf Sierakowsky által a krakkói Szt-Anna templomban fölállított "sta sol, ne moveare" (Józsue 10, 12) föliratú emlék.

Ellenben német származása mellett bizonyít őseinek - persze még szintén el nem döntött - német eredete, továbbá Cramer Márton püspök 1580-ban kiadott körlevelének egyik helye, mely egyenest Poroszországot nevezi a Kopernikus hazájául, s végre az a körülmény, hogy Kopernikus csak latinul és legfeljebb németül, de lengyelül soha sem írt.

Mindamellett, hogy jelenleg nem dönthetjük el, hogy Kopernikus melyik nemzet fiául vallotta magát, mégis, úgy hiszszük, hogy lengyel szár-



mazásában a nevének szláv hangzásánál és értelménél fogva (kopernik = epedő) nem kételkedhünk. Ha kortársai többet törődtek volna vele, nemzetiségének kérdése jelenleg alig lehetne vita tárgya!

Kopernikus már 10 éves korában elveszíté atyját; ez időtől fogva a nagybátyja, Wesselrode Lukács viselte gondját. Már szülővárosában megismerkedvén az ókori klasszikusokkal, magát orvossá kiképezendő, a krakkói egyetemre ment, s itt a doktori diplomát meg is kapta. Mindazonáltal az Albertus Brudzevius matematikai előadásai, de még inkább a Regiomontanus név alatt ismert csillagász és matematikusnak nagy híre őt a matematikának, az előtt is kedvencz tudományának, tüzetes tanulmányozására buzdította. Iskolatársaival később tudományos levelezést váltott. Mivel már ekkor olaszországi utazásra gondolt, jónak látta, hogy magát a perspektívában és a festésben is képezze.

Az egyetemet elhagyván, rövid ideig családjának körében, Thornban maradt, de innét csakhamar Bécsbe ment, ahol Regiomontanus-on kívül a szintén nagy hírű Purbach tanított. De, úgy látszik, csakhamar átlátta, hogy a tudományok és művészetek valódi hazája Itália, mert bécsi rövid tartózkodása után, 23 éves korában, Olaszországba sietett.

Olaszországi hosszú tartózkodásáról megbízható adataink nincsenek. Először Paduába ment, hogy ott filozófiát és medicinát tanuljon, de onnét gyakran ellátogatott Bolognába, ahol az akkoriban nagy hírű Domenico Maria Ferrara (Novara) csillagász tanított. Kopernikus csakhamar megnyerte e jeles férfiú barátságát, sőt vele tudományos vizsgálatokat is hajtott végre. Így például tudjuk, hogy a két tudós 1495-ben az Aldebaran (a Bika szemének) a Hold által való elődését észlelte. Tudjuk továbbá, hogy Kopernikus Rómában a matematikát és az asztronómiát tanította, s ugyanott 1500-ban egy holdfogyatkozást észlelt. Kétséget nem szenved, hogy a Föld

mozgásának Leonardo s más olasz tudósok által felelevenített elmélete jelentős befolyással lehetett a Kopernikus későbbi nagyszerű alkotására.

Hazájába való visszatérése után nagybátyjától, ki időközben ermlandi püspökké lett, a frauenburgi káptalannál kanonokságot kapott, mely állását a nagybátyja halála után Habion püspök alatt is megtartotta. Ez állásában bátorságának és szilárd jellemének fényes tanújelét adta, a mikor nem törődve sem a német lovagrend, sem pedig a lengyel főnemesek kegyeivel, a lengyel királytól rendeletet eszközölt ki, mely rendelet folytán a lovagrend arra köteleztetett, hogy az elvett alapítványi birtokokat visszaadja. A káptalan egyhangú választása folytán a graudenzi országgyűlésen mint képviselő tevékeny részt vett, azonban az ércpénzek szabályozása ügyében kidolgozott alapos munkálata ad acta tételre s annak figyelembe vétele jobb időkre halasztatott.

Azonban a Kopernikus főfoglalkozása az asztromonomia maradt. Csendes visszavonultságban a

világrendszer szerkezete fölött elmélkedett, s miután már az ókor egyes irataiban is a Ptolemaeus rendszerének hibás voltát föltüntetve látta, neki bátorodott, hogy azt, a mit eddig az ezer éves tantól eltérőleg csak gondolni mert, egyszersmind írásba is foglalja. Főmunkájának megírásához 1507-ben fogott. E mellett asztronómiai munkálkodásának kiváló részét a Hold keringési ideinek pontos meghatározása tette, mire a lateráni zsinaton újlag szóba hozott naptárjavítás szolgáltatott okot. A lateráni zsinaton összegyűlt egyházi férfiak a naptárjavításra külön kongregációt neveztek ki, s a kongregáció főnöke a Kopernikus vélekedését levél útján kérdezte meg. De Kopernikus még nem merte nézeteit, mint még teljesen meg nem éretteket, nyilvánítani, minélfogva a naptárjavítás abban maradt. Mégis ez az ügy Kopernikus-t a hónap és az év hosszúságának pontosabb meghatározására újra fölbuzdította, s észleletei a XIII-dik Gergely által elrendelt naptárjavításnál kiváló figyelembe vétettek.

Eszméi, melyeket a tapasztalattal gondosan összehasonlított, mindinkább megérlelődtek, minél fogva rendszere 1530-ban már teljesen ki volt dolgozva.

Kopernikus a munkájával, bár ebből egyes részleteket németországi barátaival levelezés útján közölt, és így rendszerének híre az egész tudományos világot bejárta, nyíltan föllépni még sem mert, s csak 1536-ban barátjának, a páduai érseknek, Schomberg bibornoknak unszolásaira határozta el magát arra, hogy művét kiadja; de mivel ekkor már öreg és beteges volt, barátját, Joachim György wittembergai tanárt, kit hazája után Rhäticusnak is neveznek, megkérte, hogy művének kidolgozásában neki segédkezet nyújtsa. Ez a kérésnek nagyon szívesen engedett, sőt tanári székét is odahagyta, hogy a Kopernikus személyes támogatásával dolgozhasson. A kézirat kinyomtatását a norimbergai Osiander lutheránus lelkész és Schoner gimnáziumi tanár gondjaira bízta; az előbbeni névtelenül Előszót is írt a műhöz. Így látott napvilágot a Kopernikus nagy

munkája: De revolutionibus orbium coelestium libri VI. (Nürnberg, 1543; Bázel, 1566; Amsterdam, 1617.) A Kopernikus által irt Előszó kéziratban gróf Nostiz birtokába (Prágában) jutott, s műnek 1854-ben megjelent díszkiadásában ki-nyomatott.

Úgy látszik, hogy Kopernikus előre tudta, hogy eszméi a római szentszéknek nem igen fog-  
nak tetszeni, mert műve kedvezőtlen fogadtatásá-  
nak elejét veendő, azt III. Pál pápának ajánlotta,  
s a dedikáczióban eszméit csak hipothéziseknek  
nevezte, melyeket csak azért állított föl, hogy a  
tünemények könnyebb szerrel kimagyarázhatók  
lennének. De ez az eljárása csak épen a szent-  
széknek tett ügyes konczesszió volt, mert a Ko-  
pernikus művének minden egyes lapja meggyő-  
zően bizonyítja, hogy mindaz, mit ő állított, egy-  
szersmind meg nem ingatható meggyőződése is  
volt.

Kevés idővel a nagy mű nyomtatásának befe-  
jezése előtt szélütés folytán megbetegedett a 70

éves, de különben erőteljes férfiú, s 1543. május 24-én Frauenburgban meghalt. Egypár órával a halála előtt átadták neki kinyomtatott művének első példányát.

Eltemettetett a frauenburgi dómban, az oltár előtt, melynél misézni szokott volt. Azonban a Cramer Márton által sirja fölé tett márványtábla elveszett.

Kopernikus mindenki, de különösen barátai iránt nyájas és jóakarátú, hivatalában pedig rendíthetetlenül becsületes volt. Azokhoz a dolgokhoz, melyeket ő jóknak és igazaknak talált, állhatatosan ragaszkodott s korát messze túlhaladó műveltségét higgadtsággal és szerénységgel párosította. Ő nem működött ugyan mint gyakorló orvos, mégis, egyes sikeres kúrái által oly hírnévre tett szert, hogy veszélyes esetekben a kö-nigsbergai udvarhoz is meghívták. Az önmaga készítette gyógyszereket a szegényeknek ingyen osztogatta.

Főmunkája mellett megemlítendő még a Rhäticus által kiadott s a sinusok táblájával bővített *De lateribus et angulis triangulorum* Norimb. 1542. című műve, melyben a sík- és a gömbháromszögtant a tudomány akkori álláspontjához képest jelesen tárgyalta. A görögből latinra fordított Theophylacti scholastici simocati epistolae morales etc. bizonyítja, hogy a klasszikai ókort alaposan ismerte.

## II. Kopernikus világrendszere.

Mielőtt a Koperikus szellemének hosszú megfontolással megérlelt gyümölcseit ismertetnők, szükséges lesz, hogy megismerkedjünk azokkal a nézetekkel és tanokkal, melyeket az emberek a Kopernikus idejéig a világrendszerről alkottak.

Már az első embereknek, kik az ég csodáit figyelemmel szemlélgették vala, a legközönségebb tapasztalat útján arra a meggyőződésre kellett jutniok, hogy az emberi szemnek végtelenül nagynek látszó Föld a világegyetemben csak egy szerény pont lehet. S valóban, a Föld ilyen ki-



csiségében nem is kételkedett senki. A Föld ponttá zsugorodott össze, de az emberek, mintha csak a Földet eme megaláztatásért kárpótolni akarták volna, azt abban a nagy kitüntetésben részesítették, hogy középpontnak tették meg. E középpont körül mozogtak az égi testek, s e mozgások törvényszerűsége a szemlélőt csakhamar bizonyos világrendszerek föllállítására készítette. Az emberi természetben rejlik, hogy az első idevonatkozó nézeteket inkább csak a látszat, mint az igazság szinthézise, vezérelte.

A legrégebbi világrendszer, melyről tudomásunk van, az egyiptomi. E rendszer szerint két bolygó, a Mercur és a Venus, a Nap körül, a többi égi test pedig a Nappal együtt, a Föld körül forog. Feltűnő, hogy e rendszert Vitruvius és Martianus Capella is tanították, a nélkül, hogy annak egyiptomi eredetét említették volna. A görögök a bolygók látszólag nagyon sajátos járásával nagyon sokáig nem tudtak tisztába jönni, míg Eudoxus (370 körül Kr. e.) azt a csodálatos hipothé-

zist föl nem állította, hogy a bolygók epiczikloidosokban mozognak.

Ez a hipotézis az alapja a Ptolemaeus rendszerének, mely az egyiptomit csakhamar kiszorította. Ptolemaeus szerint a Föld mozdulatlanul áll a világűrben, körülötte keringenek sorban a Hold, Merkúr, Vénus, Nap, Mars, Jupiter és Saturnus; ezek után következik a nyolczadik szféra, az álló csillagok szférája.

A Ptolemaeus utáni korszak az asztronómiára nézve a leggyászosabb korszak volt. A Föld ismét lapossá lett; a világtengelyt, hogy a forgásnál meg ne gyuladjon, tengerek övezték körül, s a Nap a Föld valamennyi pontján egyidejűleg kelt föl. De az arabok megmentették a Ptolemaeus tudományát. Már 827-ben lefordították a Ptolemaeus főmunkáját, s azt Tabrir al magesthi név alatt (innét Almagest, azaz μεγιστος, a legnagyobb) a nyugatiakkal megismertették. Így esett meg, hogy a Ptolemaeus rendszere, mindamellett hogy még rosszabb volt mint az egyiptomi (mert e sze-

rint legalább a Merkúr és a Vénus keringtek a Nap körül), mégis tizennégy évszázadnál tovább sértetlenül fennállott. Alapja két hipotézis volt: először is a Nap és a Hold körökben mozognak a Föld körül, de mivel mozgásuk majd gyorsabb, majd lassúbb, következik, hogy a Föld nincs a kör középpontjában, minél fogva a különben egyenletes mozgás az excentrikus álláspontból változónak látszik; másodszor, mivel a többi öt égi test az égboltozaton hurok-forma vonalakban mozog, Ptolemaeus föltette, hogy azok kicsi körökön mozognak, mely kisebb körök ismét nagyobb körökben kerülnek meg a Földet.

Az asztronómiai észleletek tökéletesbültével és szaporodtával a ptolemaeusi rendszer, melyet különben maga Ptolemaeus sem tarthatott valami nagyon tökéletesnek, mindinkább hibásnak bizonyult be, minél fogva mindig új hipotéziseket kellett hozzátoldani, hogy az észleletekkel összhangzásban maradjon. De ezek a toldozások nem sokat segítettek rajta, ellenkezőleg a zavart csak növelték. A XIII-dik században a zavar mar ak-

kora volt, hogy egy történelmi anekdota szerint X. Alfonz kasztíliai király (a csillagász és filozófus, 1252-1284) azt mondá a csillagászoknak, kik neki a világ rendjét megmagyarázandók valának, hogy, ha az isten a világ teremtésekor tőle kért volna tanácsot, ő a dolgot egyszerűbben rendezte volna be!

A ptolemaeusi rendszer évszázados tekintélyével szemben nem kell azt hinnünk, hogy az ókoriak között nem voltak olyanok, kik a Föld mozgását nem állították volna. Pythagoras, vagy inkább a Pythagoras iskolája határozottan vallotta azt a nézetet, hogy a Föld tengelye körül forog. E nézet történelmi igazságát Cicero kétségtelenül bizonyítja. A római szónok szerint a szirakuzai Nycetas (Pythagoras tanítványa) azt tanította, hogy az ég és a csillagok veszteg maradnak, s egyedül a Föld forog; a Föld "a tengelye körül gyorsan forogván, ugyanazt a hatást szüli, mintha a Föld veszteg maradván, az ég forogna." Ugyancsak a pythagoreusoknak, némelyek szerint Pythagoras-nak, mások szerint a szamoszi Aristar-

chos-nak, tulajdonítandó a Föld haladó mozgásáról való nézet.

Történelmi szempontból érdekes még a pergai Apollonius rendszere, mely a Tycho-éval a legközelebbi rokonságban van. A pergai matematikus szerint az öt bolygó (Merkur, Venus, Mars, Jupiter és Saturnus) a Nap körül, s a Nap ismét, valamint a Hold, a Föld körül kering.

Mindazonáltal e régibb nézetekkel, melyek között a pythagoreusoké a legtöbb figyelmet érdemelt volna, alig törődött valaki. Az elhanyagolás oka nagyrészt az lehetett, hogy eme tanok különféle filozofémákkal a kelleténél jobban össze voltak keverve, minélfogva az exakt gondolkodáshoz hajló bűvárok inkább a tárgyilagos tudományossággal megírt törvényekhez ragaszkodtak, bár e törvények hiányait figyelmük el nem kerülte. Csak midőn a szellemi szabadság ébredni kezdett, s a hagyományok békói mindegyre tágultak, csak ekkor kezdette a pythagoreusok nézete a maga jogait lassanként kivívni. De az

igazság teljes diadalának kivívása Kopernikusnak volt föntartva.

Kopernikus átlátta, hogy az egyiptomi rendszer a tünemények kis részéről, az Apollonius rendszere pedig már a tünemények nagyobb részéről ad számot; átlátta azt is, s ez volt a döntő lépés, hogy a számadás teljessé válnék, ha a Napot a rendszer középpontjába helyezné. A legtávolabbi szférának az álló csillagok szféráját vette; ezen belül volt a Saturnus pályája, mely bolygónak keringési idejét 30 évre tette; és után következnek: a Jupiter 12 évi, a Mars 2 évi, a Föld a Holddal egy évi, a Vénus 9 havi, végre a Merkúr 88 napi keringési idővel. E pályák középpontjában van a Nap. "Lehetett volna-e, kérde Kopernikus, a fényes csillagnak jobb helyet kijelölni, hogy ezt a pompás épületet megvilágítsa?"

A Kopernikus rendszere, a modern asztronómia talpköve, a következő három propozícióban foglalható össze:

Először, a Föld állandó tengely körül forog nyugatról kelet felé, miből valamennyi többi égi testnek ellenkező irányú látszólagos mozgása keletkezik.

Másodszor, a Föld ugyancsak nyugatról kelet felé a Nap körül kering, miközben a Föld tengelye a földpálya síkjához állandó szög alatt hajolván, önmagával párhuzamos marad. Innét keletkeznek az évszakok.

Harmadszor, miként a Föld, úgy a többi bolygó is a Nap körül kering.

Ez a három tétel a nehézségeket egyszerre eloszlatta; mert ha a bolygók mozgását a szintén mozgó Földről szemléljük, a pályájukon képződő hurkokat, tehát látszólagos előre és hátra futásokat és megállapodásukat könnyen kimagyarázhatjuk. E három tétel által az ég tünetényei nagyban és egészben meg voltak fejtve, s épen ezért szívesen elnézzük a rendszernek, már t. i. a Kopernikus által eredetileg fogalmazott rendszernek hiányait. Kopernikus ugyanis azt állította,

hogy a bolygók körökben mozognak s hogy a földtengely párhuzamosan maradását külön erő létesíti; végre, hogy az álló csillagok is a Naptól kapják fényüket. Ez utóbbi nézetet már a híres Giordano Bruno is, mindamellett hogy buzgó kopernikánus volt, elveté.

Ha figyelembe vesszük a történelmi előzményeket, azt látjuk, hogy Kopernikus tulajdonképpen csak a már kisebb-nagyobb szabatosággal fölállított tanokat rendszerezte. De épen rendszerezés munkája az, mely őt a világrendszer tanának megalapítójává avatja. Kopernikus volt az, a ki a Földet a többi bolygóval egy rangba helyezte, s a Holdat a főbolygók sorából kitörülte!

Későbbi írók Kopernikus dicsőségének egy részét a híres Cusa bíbornokra (1401-1464) akarták ruházni. Ez a nagy tudományú férfiú De docta ignorantia című, Bázelen megjelent művében azt állította, hogy "a Föld nem lehet állandó helyzetű, hanem úgy mint a többi csillag, mozog". De prioritási kérdésről itt szó sem lehet, mert Cusa



nevezett munkája csak 1565-ben, a Kopernikus-é pedig már 1543-ban jelent meg. Cusa a tárgy lényegére nézve is messze marad Kopernikus-tól, mert Cusa szerint a Föld nem a Nap körül, hanem a Föld a Nappal együtt "az universum örök-ké változó sarkai körül mozog". Cusa egyszersmind a világok többféleségét is állította. Hogy a Cusa nézeteinek mélyebb értelmük van, ezt senki sem vitathatja el, mert, mint tudva van, az asztromiai újabb vizsgálatok kiderítették, hogy a Nap, épen úgy mint a többi álló csillagok, tulajdonképpen nem állócsillag. Azonban a Cusa doktrínái még nagyon messze maradnak mindattól, mit a Kopernikus rendszere fejez ki. Különben is, a pythagoréus tanok befolyása folytán, nem csak Cusa, hanem még Leonardo s bizonyára még mások is alkottak oly nézeteket, melyek a naprendszer valóságos szerkezetének inkább megfeleltek mint a ptolemaeusi tanok. Kopernikus maga is bevallotta, hogy az ókori nézeteket ismerte; hiszen ezek bátorították őt arra, hogy Ptolemaeus-sal szembe szálljon! A nagy eszmék

eme korszakában a világnézet rohamosan fejlődött, de a fejlődés csak Kopernikus-ban érte el tetőpontját.

A történetírók rendszerint azt mondják, hogy Kopernikus a mozgások okaival nem törődött s a dolgokat egyszerűen úgy írta le, a milyenek azok az ő fölfogása szerint valának, s ez oknál fogva a rendszerét természetrajzi-nak nevezik. Azonban ez a megjegyzés nem egészen alapos, mert hogy Kopernikus a bolygók mozgásának egyik legfontosabb tényezőjét, a nehézségi erőt, figyelembe vette, azt következő szavai bizonyítják: "Abban a nézetben vagyok, hogy a nehézség nem egyéb mint a részeknek az a természetes törekvése, hogy golyóalakú egységes egészszé alakuljanak... s hinni lehet, hogy a Nap-, Hold- és a többi bolygóknak is meg van ez az az affekciójuk, mely által gömbölyű alakjukat megtartják."

Látni való, hogy Kopernikus a nehézségi erőnek egyéb funkciót, mint azt, hogy általa az égi testek alakjukat megtartják, nem tulajdonított.

Hogy ő a gravitáció elméletéhez tovább egy lépéssel sem közeledett, azt érteni fogjuk, ha meggondoljuk, hogy az ő idejében a nehézségi erőnek, hogy úgy mondjuk, még a legkézzelfoghatóbb hatásával, a szabad eséssel sem törődtek. A gravitáció elmélete csak akkor fejlődhetett, amikor Galilei és Kepler az ahhoz szükséges anyagot, amaz a dinamikait, emez a kinematikait, a tudomány számára már megteremtették.

Nem lehet célunk, hogy itt a Kopernikus rendszerének sorsát és tanítványainak tevékenységét tüzetesen előterjeszszük, de a következő fizikusok sorsából meg fogjuk ítélni, hogy az új tannak mennyi külső nehézséggel kellett megküzdenie. A híres s akkoriban nagy tekintélyű Tycho Brahe a Kopernikus-féle tanok terjedésének egyidőre erős gátokat vetett. De Galilei és Kepler föllépése által a Kopernikus rendszerének döntő érvényességé örök időkre megalapított.

## PORTA

A tudományok ujjaszületési korszakában egy sajátságos szellemi irányzattal találkozunk, mely irányzat ép oly alkalmas arra, hogy a bűvárt a helyes útról eltérítse, mint az, mely a természet törvényeit csakis spekulációkból, vagy pedig a spekuláció teljes kizárásával, csakis a tapasztalásból akarja meríteni. A titokszerűt, a csodálatost a természetfölöttit a tudomány körébe vonni: ez volt az az irányzat, mely az egész középkoron át annyi kiváló szellemet abszorbeált.

Emez irányzatnak a legkiválóbb képviselője Porta volt, ki ama nagy, bár mulékony hatásnál fogva, melyet korára gyakorolt, a fizika történetében figyelemre méltó szerepet játszik. Midőn látjuk, hogy még a Leonardo és Kopernikus működése által inaugurált korszak után is akadnak egyesek, kik a bűvárlat helyes útjáról eltérítő működésökkel rendkívüli hatásokat tudnak elérni: akkor annál inkább szembetűnővé válik az az elentét, mely a Galilei képviselte irányzat és a fi-

zikanak addigi módszere között fenállott. Egy tudománynak sem kellett annyi akadályt legyőzni, míg a fejlődés rendes medrébe térhetett, mint a fizikanak, s ez a körülmény magyarázza meg azt, hogy miért kell az igazi fizikát a legújabb tudománynak tekintenünk.

Giambattista della Porta, egy nápolyi tekintélyes család sarjadéka, 1538-ban Nápolyban született. Nevelője a nagybátyja volt, a ki, mint kiváló művelt ember, kiképeztetése érdekében mindent elkövetett. Portá-nak tanulótársa a bátyja, a lelkes és törekvő Gian-Vincenzo della Porta volt. Az átható szellemű és élénk képzelődő tehetségű ifjú az ókori nyelvek tanulmányozásában igen gyorsan haladt, s már 10 vagy 12 éves korában latin és olasz beszédeket szerkesztett, mely beszédek tanítójának bámulatát vonták magukra. Az ókori művek tanulmányozása a Porta szellemét csakhamar a tudományos irányba terelte, s Porta kiváló érdeklődéssel kutatta az ókoriak természettudományi iratait. Midőn már mindazokat a forrásokat, melyeket Nápoly neki nyújthatott

vala, kimerítette, ismereteinek kibővítése céljából utazásokra indult, s meglátogatta Olasz-, Francia- és Spanyolországnak mindazon városait, melyek akkoriban a tudományok fészkei valának. Mindenütt átvizsgálta a könyvtárakat s érintkezésbe tette magát a legjelesebb tudósokkal, de nem mulasztotta el, hogy mindazt, a mit érdekesnek talált, magának följegyezze. Porta bizonyára csodája a nevelésnek, ha való az, hogy a híres Magia naturalis három első könyvét már 15 éves korában írta, mit azonban a tények nem erősítenek meg.

Porta nagy mértékben volt alávetve százada előítéleteinek. Neki csak úgy voltak asztrológiai rögeszméi, mint igen sok jeles kortársának, csak-hogy neki még rendkívüli hajlama volt a bizarr és a csodálatos dolgokhoz, melyekkel műveiben is különös szeretettel foglalkozott.

Kiváló érdemeket szerzett magának az által, hogy a közös irányban működő kortársait egyesült munkálkodásra ösztönözte. Külföldi útjából

Nápolyba visszatérve, az Accademia degli oziosi (a tétlenek (!) akadémiája) egyik alapítójává lett. Később a saját házában is alapított egy akadémiát, melynek Accademia dei segreti (a titkok akadémiája) nevet adott. Ez az akadémia egyike a legrégebb olasz tudományos társulatoknak, s abba csak olyan olaszok vétettek föl, kik már valamely természettudományi vagy orvosi találmányt bírtak fölmutatni. Mindazonáltal a Porta kivételével egyik akadémikus sem örökítette meg a nevét valamely kiváló dologgal.

A Porta alapította akadémiának már a sajátos címe is fölkelte a római szentszéknek, különösen pedig III. Pál pápának azt a gyanúját, hogy abban az akadémiában bűvészzel foglalkoznak. Ehhez járult még az a súlyosbító körülmény, hogy Porta jövődölései véletlenül oly pontosan teljesedtek be, hogy azokat "a jövődölés mestersége apologiájának lehetett tartani."

A bűvészzel és méregkeveréssel vádolt Porta Rómába idéztetett, a hol magát teljesen igazolta.

A római tudósok, kik hírből már ismerték, őt ki-  
tüntetéssel fogadták; ottani tartózkodása idejében  
a Cesi által alapított Accademia dei Lincei (hiú-  
zok akadémiaja!) tagjává választatott. Eme nagy-  
hírű akadémiának czíme czélzás volt a hiúz éles  
látására, melyről úgy látszik, hogy az a tudomá-  
nyos kutatásoknál az akadémikusok legfőbb vá-  
gya volt.

Porta, mindamellett hogy a pápának meg kel-  
lett igérnie, hogy ezentúl a "tiltott mesterségek-  
be" avatkozni nem fog, mégis, alig hogy vissza-  
tért Nápolyba, újra hozzálátott a fizikai tudomá-  
nyok műveléséhez. A bátyja támogatásával saját  
házában gazdag gyűjteményeket rendezett be,  
mely gyűjteményről az idegen tudósok, kik őt  
meglátogatták, a legnagyobb elismeréssel szólot-  
tak; Nápoly közelében levő nyaralójában pedig  
különféle bokrokat és idegen növényeket plán-  
tált. A tudományok iránti hajlamai őt a szép iro-  
dalomtól elvonták ugyan, de öregségében ahhoz  
ismét visszatért. Drámai költeményeit prózában  
írta; összesen 17 darabot, legnagyobbbrészt vígjá-



tékokat írt, melyek a mai kor izlésének meg nem felelnének ugyan, de az ő korában rendkívüli sikerrel adattak elő. Drámai művei 1726-ban Nápolyban (4 kötet) adattak ki.

Porta-nak érdekes jellemvonása az, hogy ellen-ségeinek irigységével s méltatlan támadásaival mit sem törődött; a maga védelmét barátaira és tanítványaira bízta. Megnősülni semmi áron sem akart, mert attól tartott, hogy új családja közepet-te bátyja iránti szeretete meg találna fogyatkozni.

Porta 1615-ben Nápolyban halt meg. Eltemet-tetett a St. Lorenzo templom egyik márvány ká-polnájában, melyet ő maga építtetett.

Porta-nak főmunkája a *Magia naturalis libri XX*, Neapolis, 1589. Az 1558-iki első kiadás, mely csak a négy első könyvet tartalmazza, igen ritka, bár 1564-ben Antwerpenben újra lenyoma-tott.

Az első kiadást a Porta kortársai, kik a titok-szerűt, a természetfölöttit és a csodálatost ép úgy szerették mint maga Porta, mohón olvasták, s a

könyv oly híressé vált, hogy azt olasz, francia, spanyol, sőt még az arab nyelvre is lefordították. Ez a rendkívül kedvező fogadtatás arra készítette Porta-t, hogy 1589-ben közzé tegye az idő közben tett tapasztalataival tetemesen bővített második kiadást.

Porta a művet II. Fülöp spanyol királynak ajánlotta; a dedikáció tiszta fogalmat nyújt a műszelleméről. "Gyermekkorom óta kutatom, mondja Porta, hogy melyik a legjelesebb, királyi, és hozzám méltó tudomány; végre meggyőződtem, hogy mi sem nagyobb, mint csodálatos dolgokat csinálni, mely dolgok nem csak hogy a szellemet táplálják, hanem még az érzékeket is gyönyörködtetik. Ez a magasztos tudomány az okokat és a hatásokat kutatja, s a természet titkai-ba akarván hatolni, nemcsak közönséges hatásokra vezet, hanem még, s minden babona nélkül, csodákat és rendkívüli dolgokat eredményez, s minden tudománynak fölötte áll."

Könnyű már most elképzelni, hogy a műnek nagyon is vegyes a tartalma. Vannak benne metafizikai vizsgálatok és különféle operációk leírása; így például le van írva egy lámpa, melynek az a tulajdonsága van, hogy az általa megvilágított személy lófejűnek látszik; le van írva az is, hogy miként lehet a mágnessel valamely nőnek az erkölcsösségét fölismerni! Egy másik fejezet pedig alchimiai reczipéket tartalmaz.

A tudományra nézve a legfontosabb az optikát tárgyaló rész.

Ebben van leírva a sötét kamara, melyet rendszerint a Porta találmányának tartanak, ámbár Leonardo, mint említettük, ismerte a lencse nélküli sötét kamarát és ezt a látás elméletére alkalmazta. E találmány eredete különben is kétséges, mert azt Leonardo sem mondja az övének, tehát valószínű, hogy a sötét kamara még régibb eredetű.

Porta sötét kamarája eleintén csak sötét szoba volt, s az ablaktáblák egyik nyílásán eresztette be

a fényt, s csak később alkalmazott lencsét, miáltal élesen körvonalozott képeket kapott. Az e készülékkel végrehajtott mutatványai közbámulatot keltettek. Miután Porta a sötét kamarával átlátszó tárgyak képeit is állította elő, némelyek a bűvös lámpa föltalálását is neki tulajdonították; valósággal azonban nem lehet eldönteni, hogy ki e készüléknek - a milyennek jelenleg ismerjük - a föltalálója.

A *Magia naturalis*-on kívül Porta az optikát még egy külön munkában tárgyalta. E munka címe: *De refractione optices parte libri IX*, Neap. 1593.

Ha e munkának tartalmát a *Magia naturalis* optikai részeivel egybevetjük, el kell ismernünk, hogy Porta-nak korához képest eléggé kiterjedt optikai ismeretei valának. Az utóbb említett művében azt állította, hogy a homorú tükör gyújtópontja a tükörtől az átmérő negyedrészére áll el, ámbár a *Magia naturalis*-ban elveti Cardano azt a tervét, mely szerint egy oly homorú tükör volna

készítendő, mely 1000 lábnyi távolságra gyújt, mert Porta szerint a tükör átmérőjének ez esetben 2000 lábnyinak kellene lenni, mivel pedig a tükörnek kellő görbületet kell adni, az egész tükörnek rendkívül nagynak kellene lenni. Ebből kitűnik, hogy Porta a gyújtópontot a tükör középpontjába helyezte, tehát a gyújtópont helyzetével nem volt tisztában. Akkoriban sokat foglalkoztak a gyújtó tükrök készítésével, s valószínűleg az Archimedes gyújtó tükreiről fönmaradt monda alapján a gyújtó hatásoktól nagy eredményeket vártak. Tudva volt, hogy a parabolás tükrök a sugarakat egy pontba gyűjtik, de tekintettel azokra a nehézségekre, melyekkel az ilyen tükrök készítése jár, épen nem valószínű, hogy valaki már akkoriban ilyen tükröt készített volna. Roger Baco az ilyen tükrök hatásait oly veszedelmeseknek tartotta, hogy azok használatát csak az Antikrisztustól várta!

Az optikai tudományban Porta-t megelőzte a messzinai Maurolycus (1494-1575). Emez a matematika történetében kiváló jelentőségű férfiú,

kit honfitársai a második Archimedes-nek nevezték, első sorban az ókoriak matematikájának terjesztése által szerzett kiváló érdemeket, bár egyes eredeti vizsgálatait által is kitűnt. Így például kimutatta, hogy a gnomontól vont görbe vonalak kúpszeletek, melyek ama sík természete szerint változnak, melyen elterülnek. Az optikát egy külön műben (*De luce et umbra*, Lugduni, 1613.) tárgyalta, mely mű azonban csak halála után jelent meg. A szivárvány keletkezését ő is a vízcseppek okozta sugártörésnek tulajdonította, de később ezt a magyarázatot elvetette s a törés helyett a visszaverődést alkalmazta. Szerencsésebb volt a látás elméletében, a mennyiben a képek keletkezését a kristálynedv törő hatásainak tulajdonította, de mivel arra az eredményre jutott, hogy e képeknek fordítottaknak kell lenniök, az elméletet tovább folytatni nem merte! A Maurolycus elmélete mégis nagy haladást jelez, mert megmutatta, hogy a látás a szemlencse okozta törés segítségével s nem magával a szemlencsével történik, mint ezt akkoriban általánosan hitték.

A lencsék és a homorú tükrök hatásait alaposan tanulmányozta, s megmagyarázta a közel- és messzelátók által használt szemüvegek hatásait. Nevezett munkája még a fotométriára, a sugárzó hőre és a gyújtóvonalakra vonatkozó vizsgálatokról szól. Az utóbbi vonalak fölfedezését rendszeren Tschirnhausen-nek tulajdonítják, bár azokat már Leonardo is ismerte.

Maurolycus a törés törvényeit is kereste, a nélkül, hogy elfogadható eredményre jutott volna. Ptolemaeus azt hitte, hogy a beesési és a megfelelő törési szögek állandó viszonyban vannak, s ez az ókori tan sem Alhazen, sem Vitello által nem czáfoltatott meg. Alhazen csak azt mutatta ki, hogy a Ptolemaeus törvénye az egész környedre nézve nem érvényes; a törési szögek mérésére külön módszert talált föl. Maurolycus a nagyszámú kísérleteiből csak arra az eredményre jutott, hogy a törési szögek arányosak a beesési szögekkel.

Porta szintén sokat foglalkozott a sugártöréssel; megvizsgálta a gyűjtő és a szóró lencsék hatásait, egyszersmind leírta, hogy miként kell a lencséket köszörülni. A törés valódi törvényét ő sem ismerte, de a törés természetéről helyes fogalmi voltak, mit az általa leírt optikai eszközök bizonyítanak. Porta tudta a többi között, hogy a gömbi lencsék nem gyűjtik a sugarakat egy pontba, minélfogva a parabolás lencsék használatát ajánlotta. E mellett azt hitte, hogy a törött sugarak gyűjtő hatásai nagyobbak, mint a visszavertéké, sőt úgy vélekedett, hogy a törés segítségével a végtelen távolságban levő tárgyakat is meg lehet gyűjtani.

Porta a színszórást körülményesebben ismerte mint Maurolycus; ismerte továbbá az optikai csalódásból származó esetleges, azaz subjectiv színeket. A *Magia naturalis* XVII-ik könyvében olyan készüléket ír le, melyet hollandi messzelátónak lehetne tartani. A készülék két lencséből, egy gyűjtő és egy szóró lencséből állott, s Porta azt mondta róla, hogy az a rosszúl látó barátai-



nak kitűnő szolgálatokat tett. Ha azonban Porta, ki fölfedezéseinek mindig nagy fontosságot tulajdonított, a messzelátót valóban föltalálta volna, bizonyára el nem mulasztotta volna, hogy a föltalálást magának vindikálja. Azonban az 1593-ban kiadott *De refractione* című művében a messzelátókról nem is szól, s csak a későbbiek, köztük a híres Kepler is, tulajdoníták neki e fontos fölfedezést. Montucla a Porta készülékét oly szemüvegnek tartja, melynek gyújtó távolsága változtatható lévén, különféle egyének szeméhez alkalmazható.

Porta a mágnesség tanát is néhány fontos észlelettel gyarapította. Tudta, hogy a deklináció s tű Olaszországban a csillagászati déllőtől  $9^{\circ}$ -al keletre tér el; a mi aztán arra a téves föltevésre adott alkalmat, hogy a deklinációból, a földrajzi hosszúság meghatározható volna; ismerte a mágnesű órai változásait, s a mágnesek azt a tulajdonságát, mely szerint a vas-darabokra más anyagból készített tárgyakon át is gyakorol vonzást. Tudta továbbá, hogy a mágnes összetörve,

apróbb mágneseket ad, hogy a mágnes a fegyverzet által erősödik, végre, hogy a mágnes a vasból többet bír el, mint más teherből. Ez utóbbi három tételt Cabeo (szül. 1585) szerint már Gazzoni jezsuita is ismerte. Porta előtt ismeretes volt még a mágneses taszítás is; továbbá tudta azt, hogy valamely mágnessark a vele meghúzott vasban és acélban ellenkező sarkot hoz létre. Azonban a föltalálás dicsősége ez utóbbi két észleletre nézve is kétes, mert némelyek szerint azokat már Hartmann (1489-1564) is ismerte. Mivel pedig Porta maga mondá, hogy az általa közzétett dolgokat számtalan helyről hordta össze, továbbá, mivel a forrásokat, az ókoriak kivételével, megnevezni nem szokta, nem lehet tudni, hogy sokféle észleleteiből eredetileg mi az övé.

Mindamellett hogy Porta nagyon kedvelte a csodálatost és a titokszerűt, mégis némely babonás nézetet megdöntött.

Így például Plutarch-nak és Plinius-nak a mágnesekre vonatkozó meseszerű állításait kísérleti úton megczáfolta.

A Porta tehetségeit és ismereteinek sokoldalúságát bizonyítják még a többi művei, melyek a következők:

*De furtivis litterarum notis vulgo de ziferis*, Neap. 1563. Ebben a titkos irással s avval foglalkozik, hogy miképen lehet a gondolatokat számokba rejteni;

*Phytognomica*, Neap. 1583; botanikai mű, mely a növényeknek az állatokhoz való viszonyát fejtegeti;

*De humana physiognomica libri VI*, Sorrento, 1586. Ez a mű, melyet Lavater is fölhasznált; az értelemnek a test külsejére gyakorolt befolyását és azt tárgyalja, hogy miképen lehet a test külsejéről a lélekre következtetni; *Villae libri XII*, Francof. 1592; botanikai-gazdaságtani mű, nagyon helyes észrevételekkel;

Pneumaticorum libri III, cum duobus libris curvilineorum, Neap. 1601; hydraulikai gépek leírását s különféle mértani föladatok megfejtését, a többi között a kör négyszögesítésnek egy a szerző által föltalált módját tartalmazza. E műnek 1605-ben megjelent olasz fordításában egy hőmérő-forma készülék is le van írva, de nagyon valószínű, hogy Porta nem a maga találmányát, hanem a Galilei hőmérőjét, melylyel időközben megismerkedhetett, írta le; a forrásokat pedig, mint már említettük, megnevezni nem szokta;

De coelesti physiognomica libri VII, Neap. 1601. E műben az asztrologia ellen kelt ki, de azért maga is nagy befolyást tulajdonított az égi testeknek; az Ars reminiscendi, Neap. 1602. arról szól, hogy miképen kell az emlékező tehetséget erősíteni;

De distillatione, Romae, 1608, (Strassburg 1609); furcsa tartalmú könyv, mely azonban fogalmat nyújt a 16-ik század kémiaiájáról;

De munitione libri III., Neap. 1608.; helyek megerősítéséről szóló katonai mű;

De aeris transmutationibus libri IV., Neap. 1609.; ez a mű a meteorológiára vonatkozó helyes észrevételeket tartalmaz.

Az a nagy hatás, melyet Porta a Magia naturalis-ával és az imént felsorolt műveivel a kortársakra gyakorolt, némelyeket arra indított, hogy őt a legnagyobb tudósok közé számítsák, sőt Galilei-vel egy rangra helyezték! Porta kétségen kívül rendkívüli tehetség volt, de a helyett, hogy a kísérlet és a spekuláció kellő egyesítésével a fizika megújításához erélyesen hozzá járult volna, inkább századának ferdeségeihez hajolt, s a csodálatos és rendkívüli dolgok iránti hajlamában minden kritikai érzék nélkül ezerféle tárgyat halmozott össze s összekeverte a jót és helyeset a badarsággal és képtelenséggel. Biztos tudás és helyes ítélet tekintetében nem csak hogy Galilei mögött marad, hanem még a matematikát és a mechanikai tudományokat művelő egykorú híres

honfitársaival is csak nehezen vetekedhetik. Ha mindenáron valami magasabbhoz akarnók hasonlítani, akkor őt rövid ideig tündöklő üstökösnek nevezhetnők; szellemének fénye az utókort nem kápráztatja többé, de az ő korában rendkívüli föltűnést keltett; ez a föltűnés, s az általa gyakorolt bár mulékony, de rendkívüli hatás a fizika történetében neki kiváló helyet biztosít.

# GALILEI



Az évszázadokon át fönnálló törvények és szokások mély gyökereket vernek a társadalomba s az egyes nemzetek testébe. Ha a törzsököt kivágjuk is, a gyökerekben marad még annyi életerő, hogy új kinövéseket hajtsanak, s csak folytonos nyesés által lehet a korukat túlélte intézményeket kiölni. Még nehezebb megdönteni az évszázados tudományos áltanokat, melyeket nagytekintélyű kertészek sokkal erősebb talajba, az emberi értelem talajába ültettek. Épen ezért legnagyobb elismerésünk illeti azokat a férfiakat, kik kezükben az igazság szövétnekével ama tanok teljes kiirtását teszik föladatukká. Ha diadalmaskodnak, a hősiesség fényében ragyognak előttünk; ha elbuknak, igazságos küzdelmük iránti méltánylásunkat a tragikai hős iránt érzett részvétellel egyesítjük.

Ilyen férfiú volt Galilei, kinek nevéhez a modern fizika megalapításának dicsősége fűződik. Nagy volt a küzdelem, melyet vívott s a melyben ő maga elbukott ugyan, de ellenfelének mégsem sikerült, hogy eszméi diadalának pálmáját kezei-



ből kiragadja. Életének története fényes példája oly harcnak, melyben az igazság, lángeszű reformátor zászlója alatt, örök időkre kiható diadalát vívja.

Galilei élettörténetének leggazdagabb forrása, a széles körű levelezésén kívül, barátja, Nicolo Gherardini által 1655. évben és tanítványa, Vincenzo Viviani által 1654-ben kiadott biográfia. De ez időkből a Galilei beható méltatása még nagyon veszélyes vállalat lett volna, minélfogva az újabb kornak lett föladatává, hogy Galilei életét és munkálkodását a kellő világításba helyezze. Tudományos műveinek legnagyobb része is csak halála után jelent meg, sőt műveinek legújabb kiadása is addig ismeretlen számos iratát tartalmazza. A Galilei híres pörére vonatkozó okiratokat 1809-ben a francziák Rómából Párisba vitték; Delambre azokat az asztronómia történelmében föl is használta. Az okiratok 1815-ben nem adták vissza, de IX. Pius pápának sikerült azokat visszaszereznie, s 1850-ben a vatikáni könyvtárba helyezteté.

## I. Galilei ifjúsága. Tanulmányai.

Galileo Galilei 1564. febr. 15-én Pizában született. Atyja, Vincenzo Galilei, flórenczi nemes volt s a tudományokkal, különösen pedig a zenével kiváló szeretettel foglalkozott, s a többi között egy *Dialoghi della musica antica e nuova*, Firenze, 1581. című művet is írt, mely művét Kepler a *Harmonices mundi*-ban nagy elismeréssel említi föl. Anyja, Giulia, az Ammanatiak híres családjából származott. Nicius Erythraeus és Lorenzo Crasso szerint Galilei törvénytelen gyermek volt, de ez az állítás valószínűleg gyűlöletnek az eredménye, mert Viviani és más kortársak bizonyága szerint Galilei-nek törvényes házasságból való származása egyházi okiratok alapján bizonyított be.

Galilei-t, sokat ígérő tehetségei daczára, atyja posztókereskedőnek, tehát polgári pályára szánta. A posztókereskedés tiszteletben tartott üzlet volt, mert sokat jövedelmezett, s a jövedelmekre való kilátás készítette a Galilei atyját, ki sok gyermek-

kel, de kevés vagyonnal volt megáldva, amaz elhatározásra. De azért nem mulasztotta el, hogy fiát a szülei rangjához méltó nevelésben részesítse. Az ifjú Galilei a latin iskolába járt, hol tehetségei csakhamar kitűntek; a tudományokban, a zenében és a rajzolásban, különösen ez utóbbiban, igen gyorsan haladt, csak a skolasztikai dialektika iránt viseltetett ellenszenvvel; abban már gyermek létére fölismerte azt az ellenséget, mely ellen küzdeni, életének egyik fő-főladata lett.

Az ifjúnak fényes előmenetele megváltoztatta az apának eredeti szándékát; most fiát orvossá akarta kiképeztetni, remélve, hogy majd ezen a pályán is képes lesz a családot segíteni. Galilei 7 éves korában a pizai egyetemre ment, a hol a medicina mellett a klasszikusokat is szorgalmasan tanulmányozta. Aristoteles-nek s más ókori íróknak műveit olvasván, azok nézeteivel sehogy sem tudott megbarátkozni, sőt e nézeteket helytelenítette is, azonban az evangelium gyanánt tisztelt aristotelesi tanok ellen nyíltan föllépni még sem mert, de annál többet vitatkozott azok fölött

tanuló társaival, kik őt e miatt pörlekedőnek nevezték.

A monda szerint egyetemi tanuló korában Galilei egy alkalommal a pizai székesegyházban a léghuzam által meglendített függő lámpa lengéseit figyelte meg, s azt tapasztalta, hogy akár nagyobb, akár kisebb ívekben leng is a lámpa, a lengések egyidejűek maradnak; időmérőül a saját érverését használta föl. E szerint az ingalengések isochronismusát véletlenül találta volna föl. De ha ez az elbeszélés a valóságon alapúlna is, Galilei-re nézve mégis nagyon jellemző, mert e fajta lengések Aristoteles óta bizonyára többször is előfordultak, a nélkül, hogy valakinek eszébe jutott volna, hogy a lengéseknek valami törvényére is gondoljon.

Ugyancsak a Galilei tanuló korára vonatkozik még a következő elbeszélés is. Gherardini szerint Galilei 20 éves koráig a matematikából nagyon keveset tudott. Egy ízben meg akarta látogatni Ostilio Ricci-t, a Galilei-család egyik barátját, ki

a pisai egyetemen a matematika tanára volt. Ricci épen akkor a toscanai herczeg apródjait tanította. Galilei nem lépett a terembe, de az ajtónál hallgatódzott, s a mint Ricci az előadást befejezte, Galilei azonnal haza ment s elővette Euklidest, hogy a titokban tanultakat kiegészíthesse. Ezután többször is elment hallgatózni, míg végre Ricci-nek nyiltan bevallotta, hogy benne mily nagy vágyat keltettek föl a matematika iránt az ő titokban meghallgatott előadásai. Ricci a Galilei atyját rábírta, hogy engedné meg a fiának a matematikai tanulmányokat, mibe azonban az apa, félvén - még pedig nem ok nélkül - hogy fia az orvosi pályától eltéríttetik, nem szívesen egyezett bele.

Akár való ez az elbeszélés, akár nem, annyi történelmileg bizonyos, hogy Galilei-t Ricci vezette be a matematika elemeibe.

Galilei ezután elővette Archimedest, kivel a középkorban nem sokat törődtek. De Galilei nem elégedett meg a puszta olvasással: gondolatait,

melyeket az archimedesi tanok keltettek föl, tovább is fűzte, minek eredménye a hydrostatikai mérleg föltalálása volt. E készülékkel meghatározta a testeknek a vízben való súlyveszteségét.

## II. Galilei a pisai egyetemen tanár.

Galilei hírét új eszméi s kísérletező módszere csakhamar megalapították s a szaktudósok figyelmét fölkellették. Galilei és a matematikailag képzett marchese Guido Ubaldi de Monte között élénk viszony fejlődött. Ubaldi *Mechanicorum liber*, Pisauri, 1577. cím alatt egy mechanikai munkát írt, mely munkából kitűnik, hogy az ókoriak statikáját alaposan ismerte, s hogy ő már a virtuális sebességek elvével az emeltyű törvényét vezette le. Galilei magasztalólag emlékezik meg az Ubaldi tudományáról, s az Ubaldi biztatásaira dolgozta ki a súlypontot tárgyaló munkáját, mely Ubaldi-nak annyira megtetszett, hogy Galilei-t kora Archimedesének nevezte.

Ubaldi befolyásának tulajdonítandó, hogy 1589-ben Galilei a pizai egyetemnél üresedésbe

jött s 60 tallérnyi évi javadalmazással összekötött matematikai tanszéket elnyerte. Ezt az állomást csak két évig töltötte be, de e rövid idő alatt is a testek szabad esésére vonatkozó nevezetes vizsgálatokat hajtott végre.

Az akkori általános fölfogás szerint valamely test annyszorta sebesebben esik mint a másik, a hányszorta többet nyom mint a másik. E föltevés helytelenségét már Barchi (1544 körül) és Benedetti (1563 körül) gyanították; az utóbbi azt állította, hogy légüres térben a testek egyenlő sebességgel esnek. Benedetti-nek már a nyugtani nyomatékokról és a centrifugális erőről is határozott fogalmai voltak; így például tudta, hogy a magára hagyott test az érintő irányában tovább halad.

Galilei a kísérletezés terére lépett. Azt állítván, hogy két, különböző súlyú test, ha csak a sűrűségeik nem nagyon különböznek, ugyanabból a magasságból leejtve egyszerre érkeznek a földre, sokan előre kinevették az aristotelesi filozófiának ezt a vakmerő ellenségét, de a gúny csak addig

tartott, míg Galilei a pizai ferde tornyon, tanárok, tanulók és nagyszámú kíváncsi néző jelenlétében a kísérletet végrehajtotta.

Galilei az akkori szokás szerint három évre neveztetett ki, de mint fõntebb említettük, állomásán csak két évig maradt. Ugyanis Medici János, a herczeg mostoha testvére, ki magát ügyes műépítõnek tartotta, egy, a kikötõk és csatornák tisztítására szolgáló gépet talált föl. Galilei a gépet megvizsgálván, annak hasznavehetetlenségét mechanikai törvények alapján kimutatta.

Ez a nyílt vélemény nagyon bántotta Jánost; ehhez járult még a Galilei ellenségeinek fondorkodása, minek folytán János õt a herczegnél bevádolta.

Galilei a kitörõ vihart előre látva, állásáról önként lemondott, bár a lemondás nagyon nehezeére esett, mert atyja idõközben elhalálozván, családja gondját neki kellett viselnie.

III. Galilei Páduában.



Galilei tudományos működése pizai állomásának elhagyásával nem szakadt meg. Ubaldi- és a velencei Sagredo-nak pártfogásából a velencei köztársasághoz tartozó Páduában az ottani egyetemenél a Moleti halálával megüresedett matematikai tanszéket nyerte el. Itt bevégezte mindazokat a vizsgálatokat, melyeknek alapját már Pizában vetette.

Előadásaiban annyi újat és érdekeset tudott mondani, hogy tanítványai, kiknek száma nőttön nőtt, őt a legnagyobb figyelemmel és lelkesedéssel hallgatták.

Ez időtájban több rendbeli munkát is írt. E munkák a hadi építést, a gnomonikát, az asztro-nomiát és a mechanikát tárgyalták. Azonban ez iratok nagy része elveszett, vagy csak később nyomtatott ki; a mechanikai tudományról írt mű-ve 1634-ben a Mersenne fordításában francia nyelven jelent meg először;olaszul, a Galilei kéz-íratái alapján, csak 1649-ben jelent meg. Ugyan-ebbe az időszakba teszik Galilei két új találmá-

nyát, a hőmérőt és az arányosító körzöt. A hőmérőre később még visszatérünk; az arányosító körző (közönséges körző, melynek szárai a csuklón túl megnyújtva), a hőmérőnél csekélyebb fontossága mellett is gyakorlati haszna miatt - igen kedvező fogadtatásban részesült. Galilei több ilyen körzöt készíttetett, s ezeket az ismerősei között szétosztotta. Mindamellett, hogy maga Galilei e körzöt csak matematikai tréfának nevezte, a milánói Capra személyében mégis akadt ember, a ki ezt a találmányt annektálni akarta. Galilei megelégedett avval, hogy kimutatta, miszerint a Capra körzője az ő körzőjének csak hibás másolata.

Galilei Páduában még a Ptolemaeus rendszerét tanította. A Kopernikus rendszerével már Pízában ismerkedett meg, de azt azonnal elfogadni nem volt hajlandó. Hogy milyen hatást gyakorolt rá az utóbbi rendszer, az legjobban kitűnik a Dialogo-ban közzétett eme szavaiból:

"Elvégeztem a bölcseletet, midőn Rostockból bizonyos Christianus Vurstitius, Kopernikus tanítványa jött ide, s ennek rendszeréről egyik tanintézetben számos hallgatóság előtt előadásokat tartott. Én azt hívé, hogy a legtöbbben egyedül az ujság varázsától vonzatnak oda, s meg lévén győződve, hogy az valami hírnévre vágyó boldondnak a rendszere, hallani sem akartam. Néhány hallgatóját megkérdeztem, de mindnyájan azt mondák nekem, miként csakis azért látogatják az előadásokat, hogy ezeken jóizűen nevetessenek. Egyikük azonban határozottan azt állítá, hogy korántsem nevetséges dolog az, s mintán komoly és óvatos férfiúnak ismertem őt, sajnálni kezdém, hogy a Christianus előadásait lenéztem, s valahányszor csak Kopernikus-nak valamelyik párthivével találkoztam, megkérdezém őt, ha vajjon mindig ily véleményben volt-e. Mindenki azt erősíté, hogy sokáig az ellenkező nézetben volt s egyedül az érvek ereje által meggyőzette, változtatta meg előbbi véleményét. ... Ugyanazért hinni kezdém, hogy ha valaki hátat fordít egy olyan

véleménynek, melyet anyja tejével szítt magába s a mely egyszersmind a nagy többségé is, és egy olyanhoz szegődik, melynek kevés párthíve van, s melyet az iskolák elátkoznak és képtelenségnek tartanak, az bizonyára ellenállhatatlan érvek által vonzatott s mintegy erőszakoltatott arra; s ekként ismerni vágytam a kérdés alapját."

Hogy Galilei mikor és ki által tért meg, azt eldönteni alig lehet; mert Mästlin, a Kepler híres tanítója, dicsekedett ugyan, hogy Galilei-t ő nyerte meg a Kopernikus tanának, de az erre vonatkozó adatok nem megbízhatók. Mästlin-t különben már az is gyanússá teszi, hogy ő csak mint privát ember volt kopernikánus, mert mint tanító nemcsak szóval, hanem mint az *Epitome astronomiae*, Tubing. 1582. című művéből kitűnik, írásban is Ptolemaeust tanította. Bizonyára a leghelyesebb az a föltevés, hogy Galilei is "az ellenállhatatlan érvek által vonzatva" tért meg.

Az első hat év letelte után Galilei az állomásában újabb hat évre megerősítettet. Olaszország-

ból és a külföld minden részeiből Páduába tódultak a tanulók. Gherardini és Viviani szerint Gusztáv Adolf svéd király is, a hadi tudományokat tanulmányozandó Galilei-t hallgatni Páduába jött. Venturi kétségbe vonja ezt, mert nem tekintve azt, hogy okmányilag nem bizonyítható, miszerint Gusztáv Adolf valaha Itáliában volt, Gusztáv Adolf 1594-ben született s Galilei már 1640-ben elhagyta Páduát, tehát Gusztáv Adolfnak 13 éves korában kellett volna Galilei-t hallgatnia. Venturi szerint az valamely Gusztáv nevű más svéd herceg, talán XIV. Erik fia lehetett.

1604-ben a Serpentarius (kigyóhordozó) nevű csillagzatban feltűnt egy új csillag, mely 18 hónap után elenyészett. Ez a jelenség Galilei-nek épen úgy mint Kepler-nek, alkalmat adott arra, hogy Aristoteles-nek a világ változhatatlanságáról szóló tanát megtámadja. A peripatetikus tanok szerint változások csak a földön mehetnek végbe, s ez a fölfogás az akkori világnézet talpköve volt. Galilei bátor föllépése ellenségei körében heves opposíciót szült, sőt a már említett

Capra, kinek Galilei egy ízben már a körmére koppantott, vele nyilvánosan szembeszállani mérészkedett. Galilei most sem maradt adós, s vizsonzásul *Difesa di G. Galilei contra alle calumnie ed imposture di Baltasario Capra ecc.* című művét írta, mely 1607-ben Velenczében jelent meg.

Egy rosszakaratú egyén a velencei tanácsnál bevádolta Galilei-t, hogy Marina Gambával házasságtörésben él. A szigorú tanács azt felelé, hogy ha ez a vád csakugyan igaz, akkor Galilei-nek családja föntartására több pénzre van szüksége; minélfogva fizetését 320 forintra emelte.

#### IV. Galilei fölfedezései a messzelátóval.

Galilei 1609. tavaszán Velenczébe utazott, s itt arról értesült, hogy Móríc nasszaui herczeg Hollandiából olyan műszert kapott, melylyel a messzefekvő tárgyakat úgy lehet szemlélni, mintha ezek a közelben volnának. Viviani szerint Galilei-nek magának sikerült volna egy olyan lencse-kombinációt föltalálnia, mint a milyenből a hol-

landi messzelátó állott (gyűjtő tárgylencse és szóró szemlencse). De majdnem bizonyos, hogy Galilei az ő messzelátóját hollandi minta után készítette, mert sehol sem nevezi magát a messzelátó föltalálójának, sőt a Sidereus Nuncius című híres művének bevezetésében még azt is bevallja, hogy az ezen találmányról elterjedt hírek csak akkor adott hitelt, mikor a hír egy levélben, melyet Párisból kapott, megerősített.

Páduába visszatérve, nagy buzgalommal látott az akkoriban méltán csodált műszer javításához. Fáradságát siker koronázta, mert ugyancsak az 1609-dik év augusztus havában a velencei tanácsnak olyan messzelátót küldött, melynek térátható ereje a hollandi csövekét messze fölülmúlta. E csővel a tárgyakat harminczszoros nagyítással lehetett látni s a képek oly tiszták voltak, hogy azt csillagászati célokra is lehetett használni, mit az akkori hollandi csövekről nem lehetne elmondani, mint ezt Huyghens Konstantin, a híres Huyghens Keresztély atyja, egy már 1637-ben Diodati-hoz írt levelében is bizonyítja.

Galilei maga is elutazott Velenczébe, hogy messzelátójának szerkezetét és használatát megmagyarázza. Néhány hétig ott kellett maradnia, mert az új csodát mindenki akarta látni. A piazzet-tát, a tornyokat és tetőket esténként ellepték a tudni és látni vágyó szemlélők, hogy az égnek addig ismeretlen csodáit megbámulják, nappal pedig az Adriai-tengeren ringó hajókat szemlél-ték. A velenceiek azt hitték, hogy e készülék se-gítségével az ellenséget mindenkor meglephetik vagy kikerülhetik.

A nagylelkű tanács Galilei-t gazdagon megju-talmazta, s eddigi fizetését megháromszorozva, tanári állomásában élte hosszigan megerősítette.

Bármily tökéletlenek voltak is a Galilei eszkö-zei a jelenkoriakhoz képest, mégis azok alkalma-zásával eddig nem ismert tények egész csoportját fedezte föl. Meglepő észleleteit az 1610-ben Ve-lenczében kiadott s már fõntebb említett Sidereus Nuncius etc. című mûvében tette közzé.



E műnek hosszú teljes címétegyszersmind tartalomjegyzékének is tekinthetjük. Galilei a mű elején azt mondja, hogy költséget és fáradságot nem kimélve, sikerült olyan eszközt szerkeszteni, mely a tárgyakat majdnem ezerszeresen nagyítja, s a melylyel megtekintve, azok harminczszorta közelebbeknek lenni látszanak. Ezután leírja, hogy a Holdnak hegyekkel borított fölülete van, s egyszerű eljárást is közöl e hegyek magasságának meghatározására; a Tejút és a ködfoltok apró csillagok halmazának látszanak; a szabad szemmel nem látható csillagok a távcsővel láthatóakká válnak. A többi között fölemlíti, hogy a Plejádok csillagzatában 36 csillagot látott, holott a régiek csak hatot vagy hetet ismertek.

Galilei 1610 jan. 7-én a Jupiter három holdját fedezte föl, s hat nappal később a negyediket. 1612-ben már közzé tette a holdak keringési idejét, s e holdaknak a föld holdjánál sokkal gyakrabban előforduló fogyatkozásait a geográfiai hosszúság meghatározására ajánlotta.

A jupiterholdak fölfödözésében Galilei-nek vetélytársai akadtak a német Simon Marius és az angol Harriot személyében. Marius (1570-1624) a brandenburgi fejedelem udvari matematikusa és csillagásza volt, és *Mundus Jovialis anno 1609 detectus etc. Norimb. 1614. című művében* azt állította, hogy 1609 december hó utolsó napjaiban a jupiterholdakat egy jó messzelátó segítségével észrevette. Marius a holdakat, a fejedelmének tiszteletére, *Sidera brandenburgica*-nak nevezte. De a Marius által készített táblázatok, melyek a holdak mozgásának kiszámítására szolgáltak volna, oly rosszak voltak, hogy azok alapján Galilei őt abba a gyanúba fogta, hogy a holdakat nem is látta, sőt midőn Marius az arányosító körzöt is a maga találmányának adta ki, Galilei őt nyilvánosan plagiátornak nevezte. Mindazonáltal Kepler, s később Cassini úgy vélekedtek, hogy lehetséges, hogy Marius a holdakat észlelte, de nem tudta, hogy tulajdonképpen miféle tüneménnyel van dolga. Hogy a holdak föltalálója Harriot volna, ez teljesen megczáfoltatott.

Galilei-nek az az ajánlata, hogy a jupiterholdak fogyatkozásai a geográfiai hosszúság meghatározására alkalmaztassanak, nagy föltűnést kellett, mert az akkor már nagyfokú hajózásra nézve kiváló fontosságú lehetett volna. A szélességet elegendő pontossággal meg tudták határozni, de a hosszúság meghatározása még rendkívül tökéletlen volt. Eleintén a hajó sebességéből s a mágnesű meghatározta irányából, később pedig a holdfogyatkozás egyidejű észleleteiből következtek a hosszúságra. De holdfogyatkozás sokkal ritkábban fordul elő, semhogy abból gyakorlati hasznót lehetett volna húzni, holott a jupiterholdak valamelyikének a fogyatkozása két napi időközökben ismétlődik. Azonban a Galilei ajánlata sem lendített sokat az ügyön, mert Galilei nem volt képes a jupiterholdak mozgását előre pontosan meghatározni. Mindazonáltal a hollandi keletindiai társaság, melyet kiterjedt hajózása miatt a tárgy nagyon érdekelt, Galilei-t értékes ajándékokkal jutalmazta, s később, midőn Galilei már vak volt, Arcetri-be két csillagászt küldött, neve-

zetesen Blauew-et, a Tycho tanítványát, és van der Hove-t, hogy Galilei-nek a számításainál segítségére volnának.

Galilei a Sidereus Nuncius-t gazdag jutalom reményében több európai uralkodónak megküldötte, s valószínűleg a jutalomra való kilátás folytán tette a Medici nevet is az ég boltozatjára, mert a Jupiter holdjait a Medici-ek tiszteletére medicei csillagoknak nevezte.

Ha Galilei mindezt csak jutalomra való kilátás fejében tette volna is, az önzés vádja őt a legkevésbé sem illetheti, mert, ha vagyont szerezni törekedett, ezt csak azért tette, hogy tudományos vizsgálatainál a kellő eszközökkel bőven rendelkezessék.

Úgy látszik, hogy akkoriban az uralkodók nagyon kaptak az e féle megtiszteltetéseken, mert a francia udvar ajándékokkal kecsegtette Galileit, ha új csillagokat fedezvén fel, azokat a Bourbonokról nevezi el!

## V. Galilei visszamegy Pizába, - Asztronómiai újabb fölfedezései.

Galilei, ki egy idő óta a Medici-eknél már amúgy is újra nagy kegyben állott, most fényes fölfedezéseivel elismerést, sőt az említett no-menklaturájával hálát is vívott ki. Midőn ugyanis II. Cosimo, Galilei egykori tanítványa, lépett a trónra, első teendője volt, hogy Galilei-t hazájába visszahívja. A meghívás föltételei rendkívül kedvezőek valának: a nagyherceg őt udvari matematikusává s a pízai egyetemhez 1000 scudi évi fizetéssel a matematika első tanárává nevezte. Galilei e mellett még arra sem köteleztetett, hogy állandóan Pízában lakják s évenként csak 60 előadást kellett tartania.

Galilei elfogadta a meghívást, s 1610 május havában Belisario Vintá-hoz, a nagyherceg titkárához intézett levelében még csak azt az óhaj-tását fejezte ki, hogy ne csak a nagyhercegi matematikus, hanem még a filozófus czímet is viselhesse, "mert biztosíthatom önt, írja a titkárnak,

hogy több évig tanulmányoztam a filozófiát (természetfilozófiát), mint a hány hónapig a matematikát."

A köztársasági szabadságot a fejedelmi kegygyel fölcserélvén, ugyancsak 1610 augusztus havában új hivatalát elfoglalta.

Legtöbbnyire a nagyherczeg nyári lakásain, vagy pedig Salviati barátjának alla Jelve nevű villájában tartózkodott. A nagyherczeg utóbb Galilei társaságát alig nélkülözhetette.

Az 1610. év szeptember havában Galilei a csilagos égen újabb fölfedezéseket tett, nevezetesen pedig a Vénus és Marsnak a holdunkéihoz hasonló fázisait és a Saturnus gyűrűit fedezte föl.

Az utóbbi észleletről már a Sidereus Nunciusban tett említést, de azt kimagyarázni még nem tudván, a prioritás biztosítása végett, anagrammába rejtette. Az anagramma értelme ez volt: altissimam planetam tergeminum observavi, azaz "a legtávolabbi planétát háromszorosnak láttam," mert a gyűrűket az ő távcsövével külön megkü-

lömböztetni nem tudván, azokat a bolygóval összeolvadva látta. A Vénus és Marsra vonatkozó fölfedezését hasonló okokból a Cynthiae figuras aemulatur mater amorum, "a szerelem anyja utánozza a Diána formáit" értelmű anagrammába rejtette. Végre szintén 1610 okt. havában fölfedezte a napfoltokat és a napfáklyákat, s a napfoltok mozgásából a Napnak tengely körüli forgására következtetett.

A Venus fázisai és a Nap tengely körüli forgása a világegyetem változatlanságát hirdető peripatetikus tanokon új csorbát ütöttek. Galilei e fölfedezéseiből nagy reményeket merített; az 1612-ben Cesi-hez intézett levelében a többi között ezeket mondá: "Előre sejtem, hogy ezek az új dolgok a pseudofilozófiának temetési szertartásai, vagy inkább a vége s az utolsó ítélet napja lesznek. El vagyok készülve arra, hogy hallani fogok nagy dolgokat, melyeket a peripatetikusok proklamálnak, hogy bebizonyítsák az egek változatlanságát, melyről nem tudom, hogy mi módon fogják azt megmenteni és fönntartani, mintán

maga a Nap ilyen föltűnő változásokat tár a szemünk elé!."

A napfoltok fölfedezését még két tudós tulajdonítja a magáénak. Ugyanis Scheiner, kinek érdemeiről alkalmilag meg szólni fogunk, a napfoltokat ez időtájban szintén fölfedezte s észlelteit Marcus Welser augsburgi polgármesterrel - jezsuita rendtársaitól való félelmében - pseudonym levélben közölte. Az aristotelesi tanok szerint a Nap a legtisztább tűz volt!

Welser e leveleket Galilei-vel közölte, s ez utóbbi szívesen elismerte, hogy a Scheiner találmánya az övétől független és Scheiner csak anynyiban tévedett, hogy a foltokat a Nap előtt levő bolygóknak tartotta. Scheiner később belátta a tévedését s a napfoltokat szorgalmasan észlelte, sőt azokat a csillagászati távcső segítségével objektíve is előállította, s ily módon Miksa hercegnek bemutatta.

A másik tudós, ki a napfoltok fölfedezésére igényt tarthat, a frízlandi Fabricius János (1564-



1615), ki a napfoltokat szintén objektív és subjektív úton észlelte s észleleteit *De maculis in sole* című művében ismertette. Ez a mű 1611-ben jelenvén meg, a Galilei észleletei Fabricius előtt ismereteseek még nem lehettek.

Galilei a napfoltok ügyében Welserhez 3 levelet írt; e levelek a következő címek alatt jelentek meg.

G. Galilei *Epistola ad Marcum Velserum de Maculis solaribus*, Flor. 1612;

*De Maculis solaribus et stellis circa Jovem errantibus accuratior disquisito ad M. Velserum*, Aug. Vind. 1612.

E tárgyra vonatkozik még a következő irata is:

*Istoria e dimostrazioni intorno alle Macchie Solari e loro accidenti, compresse in tre lettere scritte all' illustrissimo Sgr. Marco Velsero*, Roma, 1613.

VI. A Galilei elleni viharok előjelei. - Galilei Rómába utazik. - Hydrostatikai műve.

Galilei-nek az asztronómia terén tett fölfedezései voltak első sorban azok, melyek neki elismerést, tiszteletet, sőt bámulatot szereztek.

Galilei, kezében a messzelátóval, olyan bűvészeknek látszott, ki az ég ismeretlen régióit fölfedezi és az emberi tudásnak - legalább a térre vonatkozó - határait korlátlanul kiterjeszti.

Nem csoda tehát, ha Galilei maga is igen nagy véleménynyel volt fölfedezéseiről, s e véleményében állandóan megmaradt. A Diodati-hoz 1638-ban intézett leveleinek egyikében ezeket mondá: "Az ég, a világ, az universum, melyet csodálatos észleleteimmel és szembetűnő bizonyítékaimmal százszor és ezerszer nagyobbá tettem, mint a mekkorának valamennyi megelőző század tudósai tartották, most nekem oly kicsiny és szűk, hogy alig terjed a testem által betöltött téren túl."

Galilei fölfedezéseiben a legcsattanósabb az volt, hogy azok mindannyian a Kopernikus tanát támogatták; Galilei pedig már évek óta buzgó kopernikánus volt, mit már az 1597-ben Keplerhez írt levelében is kifejezett. E levélben azt is mondja, hogy csak akkor fogja az időt elérkezettnek látni, hogy a Kopernikus tana mellett nyíltan föllépjen, ha többen fognak úgy gondolkodni mint Kepler.

Mivel pedig ez az idő nem sokára elérkezett, Galilei előtt a bajok és szenvedések forrásai is megnyíltak. Galilei fölfedezései nem voltak hipotézisek; azokat mindenki, kinek távcsöve volt, saját szemével láthatta. És épen ez keserítette el a Kopernikus tanának ellenségeit, kiknek túlnyomó többsége az egyház szolgálatában állott. Ezek a buzgóságukban annyira mentek, hogy szellemi vakságuk önkéntelen bizonyítékai mellé még testi vakságot sem rösteltek magukra erőszakolni. Így például Christmann Jakab heidelbergi tanár az 1612-ben közzétett Nodus Gordius-ában a jupiterholdakat szemfényvesztésnek

nevezi; Clavius, "a legtudósabb jezsuita" pedig azt állította, hogy a jupiterholdakat csak olyan készülékkel lehet szemlélni, mely azokat először megteremti; Sizzi, flórenczi csillagász tagadta, hogy hét bolygónál több lehetne, mert hét ága volt a héber gyertyatartónak, s hét hónap alatt fejlődik ki tökéletesen a magzat; a Jupiter holdjainak kigúnyolására álarczos menetek rendeztetek! Hogy a sötétség bajnokainak a szemét a Jupiter holdjai nagyon bántották, ezen nem kell csodálkoznunk, mert épen e holdak bizonyították a Földnek a többi bolygókkal való rokonságát, s azt, hogy a világűrben a Földön kívül még más centrum is van.

Sagredo, Galilei-nek velencei barátja, mindjárt fölismerte a veszélyeket, melyek Galilei-nek Flórenczbe való átköltözéséből eredhetnének, s aggodalmait az 1611-ben Galilei-hez intézett levelében nyíltan kifejezte. Valóban, a Galilei új állomása csak anyagilag volt kedvező. A tanítás szabadsága sehol sem volt olyan nagy, mint az akkor még hatalmas és republikánus Velenczé-

ben, a honnét a jezsuiták ki valának tiltva, holott Toscanában nemcsak szabadon működhettek, hanem még az ifjú fejedelemre jelentékeny befolyást gyakoroltak. De Galilei mindezt csak akkor látta át, mikor az ellene kitörendő vihar előjeleit már nagyon is világosan észlelhette.

Galilei 1611-ben meghívás folytán Rómába utazott, s e városban négy hetet töltött. A rómaiak ép oly kíváncsiak voltak Galilei-t és fölfedezéseit saját szemeikkel látni, mint a mennyire óhajtotta Galilei, hogy fölfedezéseit minél szélesebb körrel megismertethesse. Galilei fölvetetett az "Accademia dei Lincei" tagjai sorába s csakhamar a közfigyelem és tisztelet tárgya lett. "Ha a régi köztársaságban élnénk, a kapitóliumon oszlopot állítanánk neki," ezt írta Galilei-ről Del Monte bíbornok II. Cosimonak.

Rómában, vagy rövid idővel visszatérte után készíté Galilei az olaszországi első mikroszkópot, sőt Viviani szerint Galilei volna annak föltaláló-

ja. Egy önmaga készítette mikroskópot 1612-ben Zsigmond lengyel királynak küldött.

Galilei 1612-ben Flórenczben kiadta *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella se muovono* című művét, mely a fizikai tanok egész csoportjára új fényt vetett, s mely Lagrange szerint azért is kiválóan jelentős, mert a hydrostatika abban tárgyalatik először a virtuális sebességek elvének alkalmazásával. E mű megírására alkalmat adott egy a nagyherczeg környezetében levő társaság, melyben a testek úszása is a szőnyegre került; a peripatetikusok azt állították, hogy a testek vízbemerülése függ a formájuktól. Galilei ezt a nézetet megczáfolandó, nevezett munkáját írta.

A peripatetikusok hevesen megtámadták a Galilei iratát. Galilei védelmét egyik tanítványára, Castelli-re bízta, holott egy másik tanítványa, a flórenczi Bardi, a hiúzok akadémiájában bemutató kísérletekkel igazolta mestere tanainak helyességét.

VII. Nyílt támadások Galilei ellen. - Galilei Rómába megy,

hol Kopernikus tanát átokkal sújtják. - Vitája Sarsival.

Galilei a napfoltok fölötti vita alkalmával Welserhez intézett egyik levelében a Kopernikus tanának nyíltan és határozottan pártját fogta; Castelli-hez 1613. decz. 21-ikén írt levelében pedig a szentírásnak a tudományos kutatásokkal való összefüggését, azaz tulajdonképen össze nem függését fejtegette, különösen kiemelvén, hogy a szentírás szavait nem szabad szószerinti értelemben venni. Azonban ez a levél, melynek másolatai Flórenczben közkézen keringtek, még több alkalmat adott arra, hogy a Galilei elleni oppositio mindinkább a vallásos térre vitessék, a mi annyi-val is inkább föltűnő, mert Kopernikus korszakalkotó művének megjelenése óta már hetven év telt el, s bár voltak a csillagászok körében is olyanok, kik, mint például a híres Tycho, a Kopernikus tanát a lelkük üdvösségével összeférhe-

tetlennek tartották: az egyház nagyobb agitációt még sem fejtett ki. Persze, a Galilei fölfedezései hangosan hirdették, hogy mindaz, mit a thorni kanonok ildomosságból hipotézisnek nevezett, nem hipotézis, hanem a megtestesült valóság s az ellentábor méltán tartott attól, hogy Galilei nagy tekintélye a Kopernikus tanának a lehető legnagyobb nyomatékot fogja adni.

A Galilei elleni méltatlan háború 1618-ban, tehát ugyanabban az időtájban, melyben Kepler az ő törvényeivel a Kopernikus tanára rá tette a koronát, tört ki. Coccini dominikánus szerzetes ment először az ütközetbe, a Mária Novella templom szószékéről prédikálván az eretnek Galilei ellen. A motto a Józsue 10. fejj. 12. verse volt, s az Apostolok Cselekedetei 1. fejezetéből vett eme szavakat: ti galiléi férfiak, mit álltok s mit bámultok az égre? Galilei-re és híveire szó szerint alkalmazta s ezután kimutatta, hogy a matematika ördögi mesterség, s hogy a matematikusokat mint minden eretnekség szerzőit, valamennyi keresztény országból ki kellene üzni. A



dominikánusok tudatlansága végre annyira ment, hogy Galilei-re ráfogták, hogy a veszélyes De revolutionibus orbium coelestium-ot ő írta! Végre maga a dominikánus generális is megröstellte a dolgot. "Szerencsétlenségemre nekem kell megfelelnem mindazokért az ostobaságokért, melyeket harmincz- vagy negyvenezer barát elkövet," így panaszkodott a generális Galilei előtt.

Coccini, hogy Galilei-t tényleg is bevádolja, ez utóbbinak Castelli-hez írt levelének egyik másolatát Rómába küldötte. Galilei látván, hogy most már az önvédelem terére kell lépnie, levelek útján törekedett, hogy magát a méltatlanul fölhozott vádak alól fölmentse. Egy római érsekhez intézett levelében a többi között kiemelte, hogy Kopernikus jó katolikus s jámbor kanonok volt, kit X. Leo pápa a naptárjavítás ügyében a lateráni zsinatra is meghívott, s hogy III. Pál pápa elfogadta a művének dedikációját, végre, hogy csak a szerzetesek személyes gyűlölete készíti őket az alattomos támadásokra. Galilei-nek sikerült is a fölvilágosodottabb papokat megnyugtatnia; így

például Foscarini karmelita egyik levelében kimutatta, hogy a Kopernikus tana a dogmákkal összeegyeztethető, sőt Didacus Stunica augusztinus, Galilei védőjeként lépett föl.

De épen ezek az egyház kebeléből kiinduló védelmek a római szentszék féltékenységét még inkább fölkelte, s mivel a dominikánusok egyre durvábban léptek föl, Galilei tanácsosnak tartotta, hogy magát V. Pál pápa előtt személyesen tisztázza, minélfogva 1615-ben a nagyherczeg által Orsini bíbornokhoz intézett ajánló levél kíséretében Rómába utazott.

Kezdetben jól ment minden, mert Galilei a személye ellen irányzott ármányokat földerítván, ellenségeit lefegyverezte, sőt a képmutató Cocchini őt személyesen fölkereste, tőle a legnagyobb alázattal bocsánatot kért s magát bármily elégteltelre késznek nyilatkoztatta.

De Galilei a félsikerrel nem akart megelégedni: a nagyherczeg titkárához írt levelében kijelenté, hogy ő nem csak a maga ügyét tartozik védel-

mezni, hanem mindazokét, kik Kopernikus most már nyolczvan éves tanának hívei s hogy ő e tanak tiszteletet és elismerést akar kivívni. Galilei a papok előtt bővebben fejtegette, hogy az egyháznak egész tekintélyét kockáztatják, ha még tovább is megtámadják azt a tant, melynek helyességét immár megdönthetetlen tények bizonyítják.

Azonban a Galilei terve épen nem sikerült, mert a pápa az ügyet a Sant'Uffizionak, az inquisíció index-congregacziójának adta megvizsgálás végett. A kongregaczió, mely leginkább Galilei ellenségeiből állott, 1616. február 20-ikán közzétette az ítéletét, mely szerint az az állítás, hogy a Nap mozdulatlanul áll a világ közepében, badar, hamis és eretnek vélemény, mert homlok-egyenest ellenkezik az Írással; az az állítás pedig, hogy a Föld nem mozdulatlan, sőt hogy naponként a tengelye körül forog, szintén badar, hamis és téves föltevés. Mindazok az iratok (köztük a Foscarini-é is), melyek a Kopernikus tanát hirdették, eltiltattak mindaddigra, míg a bennök le-

vő téves nézetéktől, hogy t. i. a Föld mozog és a Nap áll, meg nem tisztítottak. A tisztogatással pedig Gaëtano érsek bízott meg.

Ez az ítélet a Galilei személyét közvetetlenül nem érintette ugyan, de mivel ügyét az ítélet daczára is mind hevesebben védelmezte és Orsini bíbornok is a pártját fogta, a pápa meghagyta az inkuizíciónak, hogy Galilei fölött is ítéljen. Az 1616. márcz. 5-én hozott s a pápa által megerősített ítélet pedig kimondotta, hogy Galilei-nek a Föld mozgásáról való nézetei tévesek és eretnekek.

A pápának nyíltan kitörő ellenséges indulata arra készítette Guicciardinit, Toscanának római követét, hogy a nagyherceget értesítse, miszerint nagy veszélyek idéztnének föl, ha Galilei még tovább is pártfogoltatnék, s miután előadta a Rómában történeteket, kijelentette, hogy a római még nagyon veszélyes, különösen "az olyan pápa alatt, ki gyűlöli a tudományokat és tehetségeket, s aki ki nem állhatja sem az újításokat, sem pedig

az elmésségeket, elannyira, hogy mindenki őt utánozni igyekszik, s hogy azok, kik tudnak valamit, ha kevés eszük van, tudatlanoknak tettetik magukat, hogy gyanút ne keltsenek s az üldözéseket elkerüljék!"

Galilei véleményét az ítélet kihirdetése után is védelmezni akarván, nem szívesen, s csak akkor tért vissza hazájába, midőn a visszatérésre a nagyherczeg titkárától hivatalos fölszólítást kapott, s a midőn már személyes biztonságát is fenyegetve látta.

Ezután fölváltva Flórenczben és az Arcetri melletti villájában tartózkodott. Az asztronómiával egy ideig nem foglalkozván, a római szent-szék egyelőre nem is zaklatta. Hatalmas pártfogójának, II. Cosimonak halála után falusi magányába vonult vissza, hol baráti körben kedves tudományaival foglalkozott. Betegségtől gyakran gyötörtetve, újabb vizsgálatokat nem hajtott végre, mindössze egy binokulár távcsövet, melyet ő celatone-nak nevezett, állított össze. Főfoglalko-

zása abban állott, hogy az új naprendszerre vonatkozó iratait sajtó alá rendezte.

Csak 1623-ban lépett föl egy új irattal, mellyel azonban új ellenségeket szerzett magának. Ugyanis egyik barátja, Guiducci, 1619-ben az 1618-ban megjelent három üstökösről közzétett egy értekezést, melyben a Galilei nézeteire támaszkodva Grassi jezsuitának ugyanerre a tárgyra vonatkozó iratát élesen bírálgatta. Erre Grassi Lotario Sarsi álnév alatt egy újabb iratban nem annyira Guiducci mint inkább Galilei ellen hevesen kikelt, ami Galilei-t arra készítette, hogy 1623-ban kinyomassa a következő művét: *Il Saggiatore*, nel quale con bilancia esquisita e giusta si ponderano le cose contenute nella libra astronomica e filosofica di Lotario Sarsi.

E műből kitűnik, hogy Galilei-nek épen úgy mint az ellenfelének az üstökösökről téves nézetei voltak, mert azokat, miként a holdudvarokat, melléknapokat és a szivárványt, csupán optikai tűneményeknek s nem égi testeknek tartotta, de e

mellett más tüneményekről és a természettudományok módszeréről nagyon helyes észrevételeket tett.

Galilei e művével, téves nézetei daczára is, legyőzte ellenfelét, ki most már csak kedvező alkalomra várt, hogy magát Galilei-n megboszulja.

Az alkalom nem sokáig váratott magára, mert nem sokára megkezdődött a Galilei-re nézve oly szomorú kifejlődésű dráma "második fölvonása."

VIII. Galilei kiadja a Dialogo-t és Rómába idéztetik.

Kevéssel a Saggiatore megjelenése előtt Maffeo Barberini bibornok VIII. Orbán név alatt pápává választott. Az új pápa, ki még bibornok korában Galilei-nek személyes barátja és nagy tisztelője volt s 1620-ban költött latin ódájában Galilei-t mint a napfoltok és a Jupiterholdak fölfedezőjét dicsőítette, mint pápa is Galilei iránt kezdetben nagyon kegyesen viselte magát. A pápai kegynek többszörös nyilvánulásai teljesen meg-

érlelték Galilei-nek azt a szándékát, hogy a naprendszeréről való nézeteit közzé tegye. Mivel iratai 1630-ban már rendben voltak, azokkal Rómába ment, hogy a kinyomatásra az engedélyt ki-  
eszközölje. A kéziratot a főcenzor, Riccardi dominikánus, Galilei-nek egykori tanítványa, vizsgálta meg, s mivel abban több olyas dolgot talált, melyek a Kopernikus rendszerét nem eléggé hipotézises színben tüntették föl, azt kijavíttatta s két hónap múlva a kinyomtatásra az engedélyt megadta.

Galilei az engedélylyel Flórenczbe tért vissza, hogy a még hiányzó dedikációt s a tartalomjegyzéket összeállítsa. Ennek megtörténte után munkáját kiadás végett Rómába, a hiúzok akadémiájának küldötte el, de Cesi, ez akadémia alapítója, időközben meghalván, az akadémia egyelőre föloszlott. Mivel az 1631-ben kiütött pestis a pápai államok és a Toscana közötti közlekedést nagyon megnehezítette, a mű kiadása is fönakedést szenvedett. Azonban Galilei-t barátai egyre bíztatták, hogy művét Flórenczben adja ki, s



csakugyan, hosszas ide-oda írogatás után megengedettett, hogy a mű kinyomattassék, de csakis a flórenczi cenzúra újabb vizsgálata után.

A flórenczi cenzúra a Rómából kapott szigorú instrukciók daczára enyhén járt el; végre 1632-ben megjelent a párbeszéd a legfontosabb két világrendszer: a ptoleméusi és a kopernikusi fölött: *Dialogo di Galileo Galilei, dove nei congressi di quattro giornate si discorre sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolomaico e Copernicano*, proponendo indeterminatamente le ragioni filosofiche e naturali tanto per l'una quanto per l'altra parte.

E mű, mint a czíme is mondja, a ptoleméusi és a kopernikusi rendszer összehasonlítása. Az összehasonlítás három személy között folyt, úgy-mint Sagredo és Salviati, Galilei-nek időközben elhalt barátai, és egy harmadik, Galilei által *Simplició*-nak nevezett személy között; ez a *Simplicio* védelmezte a ptoleméusi rendszert. Mindamellett hogy a Kopernikus rendszerének

helyessége a párbeszédéből világosan kiderül, végre mégis Simplició-nak van igaza! Hogy mily jelentése volt eme fogásnak, avval valamennyi olvasó tisztában volt.

A Galilei párbeszédei, melyek az akkoriban uralkodó peripatétikus világnézetet általánosságban is élesen kritizálják, rendkívüli hatást keltettek. De éppen ez a hatás a leghevesebb támadások indító okává vált. A cesenai Chiaramonti, pizai professzor, Galilei ellen rendszeres vádiratot szerkesztett, s hogy a hatás annál nagyobb legyen, iratát Barberini bibornoknak, a pápa unokaöccsének ajánlotta. Galilei-t eretnekséggel vádolták, sőt némelyek még azt is állították, hogy a párbeszédbeli Simplicio senki más, mint maga a jóhiszemű pápa, ki a nyomtatásra az engedélyt adta, s kit Galilei most hála fejében kajánul csúf-fá tesz.

A pápa, azelőtt Galilei-nek jó barátja, most elkeseredett ellenségévé vált. Azt a nézetet, hogy Galilei csakugyan szántsándékkal boszantotta a

pápát, újabb időkben Biot újra föllevenítette, anélkül azonban, hogy kellő történelmi érveket fölhozna.

## IX. A Galilei pöre.

Galilei ellen kongregáció hivatott össze. Ez az ítélőszék bibornokokból, theologusokból és matematikusokból állott, akik azonban mindannyian a Galilei ellenségei valának; Chiaramonti, a pízai professzor, szintén köztük díszelgett. A kongregáció elhatározta, hogy Galilei, ki a tizenhat évvel ezelőtt kiadott tilalmat, melynek folytán a Kopernikus rendszerét terjeszteni nem szabad, a bibliára és vallásra egyaránt veszélyes könyvével áthágta, az inquiziczió elé Rómába idézendő.

Galilei 1632. okt. 1-én kapta meg a kedélyét mélyen sújtó idézést. Hiába iparkodott, hogy az ellene intézett vádakát tudományos magyarázatokkal elhárítsa; II. Ferdinánd nagyherczeg hiába tett lépéseket a Galilei érdekében; tekintélyes papok hiába támogatták a nagyherczeg kérelmét: az

öreg és beteg férfiúnak egyre súlyosodó szembejával pestises vidékeken keresztül Rómába kellett mennie (1633. jan. 20.). Az utazás 25 napig tartott, mert Ponte Centinonál, a pápai államok határán, 20 napig kellett vesztegelnie.

Elítéltetése előtt eléggé jól bántak vele; jobban mint némely író állította. Niccolini, a nagyherczeg követe, őt igen előzékenyen fogadta, s két hónapig magánál tartotta. Mivel a Galilei barátai, különösen pedig a nagyherczeg az ő érdekében minden lehetőet elkövettek, azt hitte, hogy a fölzúdult vihar le fog csendesedni. De a pápa hajthatatlan maradt, s Galilei-nek az inquiziczió palotájába kellett hurczolkodnia, ahol azonban kényelmesen bútorozott szobákat bocsátottak rendelkezésére, sőt még azt is megengedték neki, hogy félig zárt kocsiban a Villa Medici kertjében sétakocsizást tehessen; az eledeleket a Niccolini szolgálja hordta neki.

Bár az inquiziczió ilyes kedvezményeket halandónak addig még nem tett, ellenfelei a dolog

lényegére nézve hajthatatlanok maradtak. Galilei április 12-ikén jelent meg először az ítélszék előtt, ahol először is meg kellett esküdnie, hogy a tárgyalások menetéről senkinek semmit sem fog szólni. Apr. 30-ikán volt a második kihallgatás, s ugyanezen a napon a betegségére való tekintetből Niccolinihez a Villa Medicibe küldötték.

A vád oda irányult, hogy ő az 1616-ban határozottan eltiltott kopernikusi tant védelmezte s evvel az eretnekség gyanújára adott okot. Galilei avval mentegetődzött, hogy a dialogusaiban ezt a tant nem mint igazságot tárgyalta, hanem csak a mellette, valamint a ptoleméusi tan mellett fölhozható érveket és ellenvetéseket adta elő, anélkül, hogy a kérdést az egyik vagy másik tan javára eldönteni akarta volna. Az inkuiziczió erre - a maga szempontjából helyesen - azt felelte, hogy ő az elátkozott tant valószínűnek tüntette föl, már pedig egy, az Írással ellenkező tan még csak valószínű sem lehet!

Galilei továbbá fölhozta, hogy a dialogust a ki-nyomtatás előtt a cenzura elé terjesztette, s a cenzura beleegyeztével adta ki. Erre azt vála-szolták, hogy az engedélyt ravaszúl eszközölte ki, mert az 1616-iki tilalmat elhallgatta. Galilei kijelentette ugyan, hogy olyas tilalomra, mely szerint a Kopernikus tanát semmiféle módon sem volna szabad tárgyalni, nem emlékszik. Erre föl-mutatták az 1616-iki jegyzőkönyvet, mely e tilal-mat világosan föltüntette. Mivel e jegyzőkönyv aláírásokkal nem volt ellátva, némely történetíró abban a véleményben van, hogy az hamisítvány volt.

Junius 22-ikén kellett negyedszer és utoljára megjelennie az inquiziczió előtt. Az ítéletet a Mi-nerva nevű dominikánus klastromban hirdették ki neki.

E hosszú okirat szerint a józan észszel és az Írással egyaránt ellenkező eretnekes tanok tanítá-sában, hirdetésében és terjesztésében bűnösnek találtatván, mindenek előtt a tévtanait elátkozni s

esküvel visszavonni tartozik. "Nehogy pedig - így végződik az ítélet - a te súlyos és veszélyes tévedésed és tevékenységed mindenkorra büntetlen maradjon, s hogy ezután óvatosabb légy és másoknak, hogy hasonló bűnöktől tartózkodjanak, intő például szolgálj: elhatározzuk, hogy a Galilei Dialogusai című könyv nyilvános rendelettel eltiltassék, téged pedig a Szent Officiumban tetszésünk szerint meghatározandó időre formális börtönre ítélünk és üdvös penitencia fejében elrendeljük, hogy a következő három év folyamában a két bűnbánó zsoltárt hetenként elmondjad, fönntartván magunknak a hatalmat, hogy a föntebb mondott büntetéseket és penitenciákat akár egészben, akár részben, módosíthassuk, megváltoztathassuk, vagy bármily időre kiterjeszthessük."

Galilei késznek nyilatkozott, hogy magát mindezen föltételeknek és büntetéseknek aláveti. A 70 éves beteg férfiú az inkuiziczió tagjai előtt térden állva s az evangeliumra esküdve, tanait

visszavonta, s esküjét írásban is kiállította. Az esküminta a következő volt:

"Én Galileo Galilei, ki a flórenczi néhai Vincenzo Galilei fia és 70 éves vagyok, méltóságok előtt, a kereszténység általános birodalmának főtisztelendő bibornokai és az eretnekes rosszakarat ellen való inkuizitorok előtt térdelve, a magas és szent evangéliumra tekintve s azt a kezeimmel érintve, esküszöm, hogy mindazt, amit a római apostoli és katolikus szentegyház tanít, hirdet és elfogad, mindig hittem, most is hiszem s Isten segédelmével ezután is hinni fogom. És mivel ez a Szent Officium nekem törvényes úton megparancsolta, hogy hagyjak föl avval a téves nézettel, mely szerint a Nap a világ középpontja és mozdulatlanul áll, s a Föld nem a középpontja és mozog, s mivel ezt a nézetet sem föntartani, sem védelmezni, és semmi módon szóval vagy írással bebizonyítani nem tudtam, s később, mintán nekem már megmagyaráztatott, hogy nevezett tan a szentírással ellenkezik, oly könyvet írtam és nyomattam ki, melyben az elátkozott tant tárgyaltam



és nagyon hathatós okokkal támogattam, anélkül, hogy azt bebizonyítottam volna: mindezeknél fogva avval az eretnekséggel, mintha azt állítottam és hittem volna, hogy a Nap a világ közép-pontja és mozdulatlan, ellenben a Föld nincsen a középpontban és mozog, nagyon is gyanúsíthatónak ítéltetem."

"Hogy ezt az ellenem nem ok nélkül emelt vádat méltóságtoknak s minden katolikus kereszténynek lelkéből kiirtsam, nevezett tévedéseket és eretnekségeket, s általában minden véleményt, mely az egyháznak ellenére van, becsületes szívvel s nem tettetett hittel elátkozom és kárhoztatom; esküszöm arra is, hogy a jövőben semmi olyast, ami ellenem hasonló gyanút kelthetne, mondani vagy írni nem fogok, s ha egy eretneket vagy az eretnekséggel gyanúsítható egyént ismernék, azt a Szent Officiumnak, vagy az inquitornak, vagy pedig egyházkerületi püspökömnek föl fogom jelenteni. Ezen kívül esküszöm, és ígérem, hogy mindazokat a penitencziákat, melyeket a Szent Officium rám szabott, vagy rám

szabni fog, pontosan szem előtt tartani s elvégezni fogom; s ha megesnék rajtam - mitől Isten őrizzen, - hogy szavaimat, ígéreteimet, fogadásaimat és esküimet megszegném, akkor alávetem magamat mindazoknak a testi és lelki büntetéseknek, melyeket a kánoni szent jog s egyéb általános és különös határozatok az ilyen bűnösökre szabnak. Isten engem úgy segéljen, és az ő szent evangéliuma, melyet kezeimmal érintek."

"Én Galileo Galilei esküdtem, esküvel visszavontam és ígértem s magamat a föntebbiekre köteleztem, minek hiteléül az esküvel való visszavonásomnak ez okiratát sajátkezűleg aláírtam s Rómában a Minerva klastromban 1633. jun. 22-én szóról-szóra elmondottam."

"Én Galileo Galilei, mint föntebb sajátkezűleg esküvel visszavontam."

Hogy Galilei az eskü elmondásakor csak egy ingben állott volna, s az eskü után a lábával topantva halkan ezt mondta volna, hogy E pur si muove: a fölkapott mesék országába tartozik. A

mult századbeli írók minderről semmit sem említenek.

A Libri által fölállított s azóta sokat vitatott ama nézet, mely szerint Galilei a torturának is alávetetett, egészen biztos történelmi adatokon nem nyugszik ugyan, de tekintve a Galilei pöre körülményeit s azt hogy e nézetnek az "aljas rágalom" szavakkal való megbélyegzése még nem czáfolat, a tortúra kérdése minden esetre fölvethető.

A szabad buvárlat bajnokai ellen intézett merényletek a Galilei idejében nem voltak ritkák; a véleményszabadságot sok kiváló szellemnek életével kellett megváltania.

A nagyészű Giordano Bruno 1600-ban Rómában mint hitehagyott elevenen elégettetett. Az a körülmény, hogy Bruno a Kopernikus híve volt, s azt állította, hogy minden állócsillag egy-egy Nap, mely körül bolygók keringenek, továbbá hogy naprendszerünkben több bolygó van, mint a mennyit szabad szemmel láthatunk: lényegesen

hozzájárult ahhoz, hogy a máglyára hurczoltassék.

Antonio de Dominis, spalatói érsek, a szivárvány igazi elméletének híres föltalálója és a *Respublica ecclesiastica* szerzője 1624-ben börtönben mult ki; holttestét az inkuiziczió kiásatta s máglyára vettette.

Antonio Oliva, az Accademia del Cimento kiváló tagja, jóval a Galilei eliteltetése után (1668) a tortúra kínjait avval kerülte el, hogy börtönének ablakából kiugorva, önmaga oltotta ki életét.

Bruno nagyobb bátorságot tanusított mint Galilei. A máglya előtt így kiáltott föl: "Az ítélet, melyet most előttem fölolvastatok s az irgalmas Isten nevében kihirdettetek, nektek talán több félelmet okoz mint nekem." Valóban a pápa hatalmán ütött csorbák óvatosságra intették az avval visszaélő inkuizitorokat, s a fejedelmi protekció mellett ez a körülmény nagy befolyással lehetett arra, hogy Galilei-vel, kit az olasz nemzet már

akkor is büszkeségének tekintett, enyhébben bántak.

Mindezek csak általános konjektúrák. Van azonban a Galilei ellen hozott ítéletben egy hely, melyből közvetetlenül a tortúrára lehet következtetni. "Miután nekünk úgy tetszett, mondja az ítélet, hogy te a véleményedről nem mondtad a teljes igazságot, szükségesnek találtuk, hogy a szigorú vizsgálatra térjünk át." A szigorú vizsgálat (*rigorosum examen*) pedig az inquizíció nyelvén a tortúrát jelenti; különben is, az inquizíció szabályai szerint a vádlottnak ama nyilatkozatait, melyek kéteseknek és nem őszintéknek látszottak lenni, mindig a tortúra követte. Ehhez járul még, hogy Galilei ez időtájban bélszakadásban szenvedett, miből azt is következtették, hogy rajta a tortúrának azt a nemét (*il tormento alla corda*) alkalmazták, melynek az a betegség rendszeres következménye szokott volt lenni. Maga Galilei, ki a hallgatást esküvel fogadta, a tortúráról soha sem szólt semmit, de mindenkor nagyon

nehezére esett, ha az inkuiziczió előtt történt dolgokról kérdezték.

Az egyedüli körülmény, mely a kínzásnak el-  
lene mondani látszik, az, hogy Galilei-vel mind  
az elítéltetése előtt, mind pedig azután, aránylag  
elég jól bántak. De ne feledjük, hogy Galilei-nek  
befolyásos pártfogói voltak; s különben is kész  
volt minden elégtételre, másrésről pedig, hogy a  
szerzetesek dühe még a Galilei sírján túl is ter-  
jedt. Testamentumát megsemmisíteni, holttestét  
pedig pellengérre állítani akarták.

Különben is, véleményünk szerint, a testi tor-  
túra kérdése csak mellékes szerepet játszhat ama  
szellemi tortúra mellett, melyet Galilei tényleg  
kiállott. Nézeteit a meggyőződése ellenére eskü-  
vel kellett visszavonnia, meg kellett tagadnia az  
évek hosszú során át nagy fáradsággal tett fölfe-  
dezéseiből vont következtetéseket; igaznak kel-  
lett mondania azt, miről erősen meg volt győződ-  
ve, hogy hamis; végre esküvel kellett ígérnie,

hogy az igazságot többé nem hirdeti, s az igazsággal szemben spionná alacsonyodik le!

Ez rövid története annak a hirhedt pörnek, mely ítélőszékét és bírait örökre megbélyegezte.

X. Galilei fogsága. - Dinamikai munkája. - Szenvedései és halála.

Galilei az inquiziczió ítélete folytán börtönbe vettetett, de fogsága nem sokáig tarthatott, mert a carcert a Villa Mediciben töltendő házi áristom-má változtatták át. A pápa később megengedte, hogy fogsága hátra levő idejét hazájában, Sienában, az érseki palotában tölthesse. Piccolomini, a sienai érsek, Galilei tanítványa és barátja volt, s mint ilyen őt nagyon szívesen fogadta. De az a parancs, mely szerint Galilei-nek az érseki palotát nem volt szabad elhagynia, őt mélyen sujtotta. A pápa végre megengedte neki, hogy Arcetriban, a saját villájában tartózkodhassék, de egyszersmind szigorúan meghagyta, hogy tudományos férfiakkal ne érintkezzék s a házában nagyobb

társaságot össze ne gyűjtsön. Később még az is megengedett neki, hogy orvosi segély igénybe vétele miatt néha Flórenczbe mehessen. E városban (1638) a nagyherczeg és ennek udvara által őszinte örömmel és szívélyességgel fogadtatott.

Mivel Galilei, amint kissé szabadabban mozgatható, tudományos munkásságát újra fölvette, az inquiziczió közegei argus-szemekkel ügyeltek reá, s iratait, a mennyiben ezek a kezök ügyébe akadtak, irgalmatlanul elpusztították. A szerzetesek most sem szűntek meg, hogy őt gyalázzák, rágalmazzák és anti-katholikus tanok terjesztésével vádolják. Némely olasz író szerint az inquizicziótól fenyegető leveleket is kapott.

Hogy ily körülmények között a már amúgy is mélyen sujtott Galilei helyzete mindinkább rosszra fordult, könnyű elképzelni. De ez még mind nem volt elég: szellemi gyötrelmeihez családi bajai és egyre súlyosbodó testi szenvedései járultak. Galilei-nek Marina Gamba-tól két leánya, Giulia és Pollisana és egy Vincenzo nevű fia



volt. Leányai apáczákká lettek, de nem való az, hogy atyjukat a sienai tartózkodása alatt gyakran meglátogatták. 1634-ben Pollisana meghalt, mely eset Galilei-t rendkívül megsomorította.

Galilei szembaja egyre rosszabbra fordult, s 1637-ben egyik szemére egészen vak volt; hallását részben már 1626. évben elveszíté. De Galilei-nek csak az érzékei s nem a szellemi tehetségei tompúltak el. 1636-ban fejezte be legjelentősebb s legkitűnőbb művét, mely azonban csak 1638-ban Leydenben nyomatott ki *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica ed ai movimenti locali di G. Galilei. Con un' appendice del centro di gravità d' alcuni solidi* cím alatt. E mű tartalmára később még visszatérünk. A félig vak Galilei 1637-ben tette asztronómiai utolsó fölfedezését, a Hold parallaktikns librációját, mely által megmutatta, hogy a Hold nem egészen egy- és ugyanazt az oldalát fordítja felénk, hanem a fölületének látható része északról dél felé és keletről nyugat felé elmozdulni látszik.

Galilei 1640-ben már teljesen vak és siket volt. Vakságának legfőbb oka az volt, hogy a Napot fénytompító nélkül észlelte. E bajaihoz még álmatlanság, búskomorság és szaggatások járultak. Mincazio barátjához intézett levelében szenvedéseit így írja le: "Az engemet környező sötétségben a természet különféle dolgai fölött töprengek, s fáradt fejemet – bár mint óhajtom is - nyugalomra nem hajthatom. Szellememnek ez a folytonos munkálkodása elrabolja minden álmodat s mindinkább apasztja erőmet. A sors nem elégszik meg avval, hogy sötétséggel övez körül, hanem még, elviselhetetlen fájdalmamra, szememből könnyek árját fakasztja."

Ez a szomorú állapot nem tartott sokáig, mert Galilei 1642. jan. 8-án az Arcetri melletti Gioiello villában, legkedvesebb tanítványai, Torricelli és Viviani-nak karjai között, az inkuizíció képviselőinek jelenlétében, meghalt. Olaszország pantheonjában, a flórenczi Santa Croce templomban temettetett el. De csak 1737-ben érkezett el

az az idő, melyben sírját az őt tisztelő utókor méltó emlékekkel jelölhette.

Így végezte pályafutását az a férfiú, kit a sors arra szemelt ki, hogy a tudományok szövéténekével az elmúlt századok sötétségét eloszlassa, a jövő századoknak pedig vezérlő tűoszlopa legyen. Meghalt, mint az egyház rabja, mert teljes szabadságát haláláig sem nyerte vissza. Gyászos sorsa a római szentszéknek mindenkorra szennyfoltja fog maradni. A Galilei elleni küzdelem a sötétségnek a világosság elleni küzdelme volt, melynek Galilei áldozatul esett ugyan, de eszméi diadalmaskodtak. Küzdelméből kitűnik, hogy a sötétség ármányai az értelem világát kioltani s a felvilágosodás folyását megállítani képtelenek. Mondják ugyan, hogy a Galilei ellen tulajdonképpen nem az egyház, hanem a keresztény vallás magasztos alapelveivel kajánul handabandázó inkuiziczió és személyes érdekek harcoltak. De ez az inkuiziczió éppen az egyház közege volt, s az egyház legfőbb intézőinek tudtával, beleegyezéssel, sőt biztatásával végezte el a maga gyászos

dolgát. Az a körülmény, hogy a vallás ürügye alatt néha a protestánsok s más felekezetek is durva intoleranciákat követtek el, a dolog lényegén mit sem enyhíthet.

Galilei valamennyi következő század háláját vívta ki. Honfitársainak iránta való határtalan tiszteletében minden művelt nemzet osztozik.

XI. Galilei személyisége; fia. - Iratainak kiadása.

Galilei magas termetű, szép arczvonásokkal bíró férfiú volt. Szemei élénken ragyogtak; haja vöröses vala. Szellemének élénkségével s kedves modorával kellemes emléket idézett elő mindazokban, kik vele, ha csak egyszer is, érintkeztek. Ellenségeivel szemben nyugodtan, de mindig a kellő erélylyel lépett föl s ellenük az értelem és az elmésség fegyverein kívül egyéb eszközök nem használt. A mások szellemi tulajdonját a legnagyobb tiszteletben tartotta, de megkívánta, hogy az ő tulajdonjogait is mások tiszteletben tartsák.

Galilei-nek Vincenzo nevű fia a fizika történetében annyiban szerepel, a mennyiben atyjának tudományos vizsgálatainál segítségére volt, továbbá ingás órákat is állított össze, melyek eszméjét atyjától örökölte.

Vincenzo volt az örököse a Galilei kéziratainak is, de ezeknek nem a legjobb sorsuk volt. Ugyanis Cosimo, a Vincenzo fia az öregatyja kéziratainak egy részét - talán lelkiismerete válásos sugalmazása folytán - elégette, de a másik részét Viviani megmentette az enyészettől. Viviani nem találta jónak és időszerűnek, hogy e kéziratokat a III. Cosimo uralkodása alatt kiadja, minélfogva azokat pinczejében elásta! Ez értékes papírok egy része Tozetti szerint a következő sajtószerű módon mentetett meg az enyészettől.

1793. tavaszán a híres Nelli doktor és Lami Flórencz közelében egy a hídhoz címzett vendéglőben akartak reggelizni. Útközben egy kolbászkereskedőhöz tértek be, s ennél megvettek egy bolognai kolbászt, mely papírba takartatott.

A vendéglőbe megérkezvén, Nelli észrevette, hogy a kolbász takarója Galilei-nek egyik levele volt; mintán azt kendőjével, a mennyre lehetett, megtisztogatta, zsebre dugta, a nélkül, hogy a leletéről Lami-nak csak egy szót is szólott volna. A városba visszatérve, Nelli elment a kolbászkereskedőhöz, ki neki elbeszélte, hogy ilyen kéziratokat fontszámra egy előtte ismeretlen inastól gyakran vesz. Nelli megszerezte a kereskedőnél levő papirokat, s miután több napon át az ismeretlen inas megjelenésére várt, bizonyos összegért megszerezte mindazt, ami még meg volt ez értékes kincsekből, melyeket Viviani 90 év előtt elrejtett.

E kéziratok jelenleg a nagyhercegi könyvtárban helyezvék el.

Hogy a Galilei iratai részben elkallódtak, ennek egyrészt maga a szerző volt az oka. Galilei, különösen eleintén, nem igen törődött avval, hogy iratai a nyomtatás útján megőriztessenek. Így eshetett meg, hogy a helyek megerősítéséről,

a gnómonikáról, s a gömbről írt művei elvesztek. Az utóbbi írat később a Galilei neve alatt megjelent ugyan, de az abban kifejtett nézetek és okoskodások nem vallanak Galilei-re.

Galilei kézirateit és ezek másolatait tanítványainak és barátjainak használat végett szívesen átadta, mi többrendbeli visszaélésre adott alkalmat. Említettük, hogy a mechanikát tárgyaló munkája először franczia nyelven jelent meg. Az első olasz kiadás 1649-ben Ravennában a következő czím alatt jelent meg: *Della scienza meccanica edelle utilità che si cavano de gli Istrumenti di quella, opera cavata da manuscritti dell' Eccellentissimo Matematico G. Galilei.*

Föltűnő, hogy éppen annak a műnek, mely a mechanika czímét viseli, a Galilei mechanikai iratai között a legkisebb fontossága van. A mű czíme is mutatja, hogy a Galilei korában a mechanika szó még nem jelentette a mozgásoknak és a mozgások okainak tudományát; ez a mű is csak a gépekkel foglalkozik; a mű végén van egy

rövid értekezés az ütközésről. Ellenben a mechanikai főmunka csak "a mechanikához tartozó két új tudományt illető párbeszéd" címét viseli.

Galilei az Ariosto és Tasso értéke fölött keletkezett vitában élénk részt vett, minek eredménye a *Considerazioni al Tasso*, Venezia, 1793. című műve volt. Galilei az Ariosto híve volt; az *Orlando furioso*-t kívülről tudta. Szerinte Tasso-t olvasni Ariosto után, annyi, mint ugorkát enni dinnyére. De öreg korában megváltoztatta nézeteit; midőn egyszer Arcetriben kérdezték, hogy mi volna a határozott véleménye Tassoról, feleletében elismerte, hogy a Tasso költeménye nagyon szép, de az Ariostoé mégis több gyönyört szerez neki.

Galilei összes művei csak nagyon későn jelenthettek meg, mert a dialógus az eltiltott könyvek indexébe azonnal fölvétetett. Az első kiadás, mely 1656-ban jelent meg Bolognában Carlo Manolessi által, mindössze két kötetből állott. Ezt követte az 1718-iki flórenczi három kötetes



kiadás. Teljes kiadást a külföldön sem lehetett rendezni, mert az inkuiziczió befolyása valamennyi katolikus országra kiterjedvén, a veszélyes tan terjesztése külön rendeletekkel és köriratokkal akadályoztatott meg. Francziaországban a mindenható Richelieu a Föld mozgását határozottan tagadta s buzgalmában annyira ment, hogy még a Sorbonne-t is a Kopernikus tana elleni föllépésre akarta kényszeríteni. 1616 óta az index valamennyi kiadásában olvasható volt, hogy egyáltalában mindazok a könyvek, melyek a Kopernikus rendszerét tanítják, az eltiltottak közé számítandók. A híres XIX. Benedek pápa ezt a tilalmat megszüntette ugyan, de a Kopernikus eredeti kiadása, a Kepler egyik könyve s a Galilei dialógusai egészen a jelen századig tiltva maradtak. Bottari a Galilei összes műveit 1744-ben Páduában kiadván (4 kötet), a gyűjteménybe a dialógusokat is fölvette ugyan, de a nyomtatási engedélyt az egyháztól csak úgy nyerhette meg, hogy a Galilei-re kimondott ítéletet és az esküvel való visszavonást a mű elején közzétette. A Galilei

összes műveinek 1808-iki milanói 13 kötetes kiadása már nem járt evvel a czeremóniával.

1820-ban történt, hogy Settele, a pápai könyvcenzor s az optika és asztronómia tanára, meg akarta tagadni a nyomtatási engedélyt egy oly könyvtől, mely a Kopernikus rendszerét nem mint hipotézist tanította. Azonban VII. Pius pápa az ügyet a szt. officium határozatától tette függővé. A hozott határozat folytán a kinyomtatás megengedettett, de mivel némely jámbor férfiú még mindig nehézségeket támasztott, a kérdés az inquiziczió elé került, s a bíbornokok minden ellenvetés daczára kinyilatkoztatták, hogy 1820 óta Rómában minden könyv, mely "a modern asztronómusok általános nézetét" terjeszti elő, kinyomtatható. VII. Pius pápa 1822-ben ezt a határozatot megerősítette. Az index 1835-iki kiadásából a Kopernikus, Kepler és Galilei művei kihagyattak.

A Galilei műveinek legújabb kiadása II. Lipót toszkanai nagyherczeg kezdeményezése folytán

1842 és 1856 között jött létre. A nagyherczeg Galilei-nek ezen az úton fényes emléket állítandó, a szétszórt kéziratokat nagy költséggel összegyűjtötte. E kiadás (15 kötet) a legteljesebb és leggazdagabb, mert Galilei-nek addig ki nem adott értekezéseit és leveleit mind magában foglalja.

## XII. A dinamika megalapítása.

A hatás, melyet Galilei kortársaira gyakorolt; a fényes eredmények, melyeket fáradhatatlan munkássága szült; az a hatalmas lökés, melylyel a természettudományoknak új és egészségesebb alapra fektetett művelését megindította, még pedig nem csak szavak, hanem a saját élő példája által: mind oly dolgok, melyek a tudományok történetében párjukat ritkítják. A Galilei halála után egy egész évszázadig az ő munkássága volt a fizika vezércsillaga; ő volt a középpont, mely körül az utána következő bűvárok tevékenysége forgott.

A Galilei szülte hatásban sajátos jelenség az, hogy éppen az általa kivívott eredmények kevésbé fontos részének, optikai és asztronómiai felfedezéseinek jutott az a szerep, hogy hírét és tekintélyét a legmagasabb polczra emelje, hogy aztán evvel a tekintélyével mind a saját korára, mind pedig az utókorra üdvös hatást gyakoroljon, mert a tudományok történetében Galilei olyan példa, melynél a személyes tekintély a tudománynak csakis hasznára volt. Galilei-nek nevezett felfedezései a tudományokat nagy mértékben gazdagították ugyan, de érdemeinek csak kisebb részét teszik, a mit már az a körülmény is bizonyít, hogy nevezett felfedezéseit tőle függetlenül kevéssel előtte vagy utána, mások, nálánál sokkal kisebb tehetségűek is megtették, s a melyekhez Lagrange szerint "csak távcső és kitartás kellett."

Hogy Galilei éppen az asztronómia terén nem jutott oly mértékben a dolog velejére, mint a mechanikai téren, ez már onnét is kitűnik, hogy a Kepler híres felfedezéseit egészen elejtette. Az

Astronomia nova 1609-ben, a Harmonices mundi 1619-ben, a Galilei dialógusai pedig csak 1632-ben jelentek meg, s azokban mégis azt állította, hogy a bolygók pályáiról bizonyosat tudni nem lehet, mire világos példa a Mars, "mely még mai napig is gúnyolja a csillagászokat." Pedig Galilei Kepler-t nagynak, "irígylendő nagynak" nevezte! Galilei megelégedett avval, hogy a Kopernikus tanát a legutolsó részletekig érvényre emelje, s hogy az ellenkező nézetek tarthatatlanságát kimutassa, s épen ez oknál fogva a kortársai által annyira megcsodált asztronómiai fölfedezései életére és sorsára döntő befolyást valának gyakorlandók.

Ez utóbbi körülmény készítetett bennünket arra, hogy a Galilei asztronómiai fölfedezéseit, még pedig a leghíresebbeket, közelebbről az életrajzában tűntessük föl. Így tehát az az utólagos föladatunk maradt, hogy a mechanika és fizika körül szerzett rendkívüli érdemeit világosítsuk meg.

Galilei a dinamika alapjait a Discorsi e dimostrazioni matematiche etc. című művével vetette meg. Lagrange Mécanique analytique híres művében ezeket mondja: "A dinamika a gyorsító és a lassító erőknek, s az ezek által szükségképen előidézett változó mozgásoknak a tudománya. Ezt a tudományt tisztán az új kornak köszönhetjük, Galilei vetette annak alapjait." Galilei a dinamikai művének címében méltán mondhatta, hogy új tudományokról (nuove scienze) beszél, mert ő előtte a természettudományoknak ez az ága nem volt; az Aristoteles ide vonatkozó tanait mai napság már senki sem számítja a dinamikához! A Galilei gondolatainak mélysége, szellemének önállósága és átható találékonysága a dinamikai vizsgálataiból tűnik ki leginkább. De egyszersmind szembetűnővé válik az az ingovány is, melyen a peripatétikus tanok állottak. Aristoteles azt ajánlotta tanítványainak, hogy ne tanulják a matematikát; Galilei ezt az ajánlatot nagyon helyesnek találta, "mert a stagyrita elméleteire nézve mi sem veszedelmesebb, mint a

geometria; ez földeríti azok minden tévelyét és hamis látszatát."

A mechanika másik része, a statika, már egészségesebb alapon állott: azon az alapon, melyre azt Archimedes fektette. De Archimedes-sel alig törődött valaki, mert a tudósok bálványa Aristoteles volt. Galilei-nek jutott az a föladat is, hogy az Archimedes statikáját javítsa és tovább fejlessze.

Dynamika nélkül az egész fizikának nem volt helyes alapja; a mozgások törvényeinek ismerete nélkül tudományos fizikáról szó sem lehetett. Jelenleg már minden tünetény végső okát mozgásra, vagy általánosabban és helyesebben mondva, az anyag térbeli elhelyezkedésének viszonyaira vezetjük vissza. Ha tehát valaki a végső okok tanát megállapította, akkor az illetőt méltán tekinthetjük az egész fizika megalapítójának. Ebben, s csak második sorban a fölkarolt tárgyak sokoldalúságában, rejlik a Galilei alapító érdemeinek elvi jelentősége.

Galilei dinamikai jelleme nemcsak vizsgálataiból, hanem még előadásából is kitűnik: bár a latin nyelvben kitűnően járatos volt, mégis inkább az élő olasz nyelvet használta; s nyelvezetének különösen párbeszédekben nyilvánuló élénksége hű tüköre a szelleme dinamikai mozgékonyságának.

Hogy fogalmunk legyen arról, hogy a Galilei idejében az erőkről és a mozgásokról miféle nézetek voltak elterjedve és csálhatatlanoknak tartva, elég lesz, ha fölemlítjük a következőket.

A mozgások fölosztattak természetesekre és erőszakosakra. Az előbbiekhez tartoztak például az égi testek körmozgása s a szabad esés, az utóbbiakhoz tartozott pl. a hajított testek mozgása. Azt senki sem tudta, hogy egy test, melyre egy erő csak hatott, egyenletesen és egyenes vonalban mozog. Ha valamely egyenletesen mozgó test megállott, ennek okát nem külső erőnek, hanem a testre folytonosan működő erő megsemmisülésének tulajdonították. A testek nehezek és



könnyűek valának; az előbbienek a világ centrumába, azaz a Földre esni, az utóbbiak pedig a földtől eltávozni törekedtek. A gyorsuló mozgás nem egy állandó erőnek volt a hatása: a sebesség növekedését a levegő okozta. Hogy a vízben levő testek Archimedes törvénye szerint súlyukból veszítenek, azt mindenki tudta, de ismeretlen volt az, hogy e veszteség az alulról fölfelé irányzott nyomásnak az eredménye. A légnyomás okozta tünetmények megfejtése pedig a horror vacui körül forgott.

Galilei arra vállalkozott, hogy ezeket és az ezekhez hasonló nézeteket halomra döntse. Azonban igazságtalanok volnánk, ha e vállalatból, vagy legalább a kezdeményezéséből Galilei-n kívül mindenkit kizorítani akarnánk. Nincs olyan haladás, melynek útja, legalább félig-meddig előkészítve nem lett volna. Az úttörés érdeme Leonardo-t, Benedetti-t és Ubaldi-t illeti. De ezek az előkészített úton még nagyon is sok göröngyöt hagytak; Ubaldi nem is lépte át a statika határait. A Galilei munkáját csak egyes irányok-

ban könnyítették meg; de a mechanikai tudásnak biztossága és átlátszó tisztasága Galilei-vel kezdődik.

"A legrégebb dologból, mondja Galilei, a legújabb tudományt fogjuk napfényre hozni. A mozgásnál mi sem régebb a természetben; és arról a filozófusok összeírta könyvek mit sem tárnak föl."

E föltáráshoz pedig, a Lagrange szavai szerint, rendkívüli tehetség kellett.

Lássuk most a Galilei munkájának legkiválóbb részeit.

### XIII. Az egyenletesen gyorsuló mozgás.

Galilei az új tudományt három részre osztotta. Az első rész az egyenletes, a második természetes módon gyorsuló (naturaliter acceleratus), a harmadik pedig az erőszakos vagyis a hajítási mozgásról szól.

Az egyenletes mozgásra vonatkozó rész, bár Galilei itt is szabatosította a dolgot, inkább csak bevezetés.

A második rész a nehézségi erő hatásaira vonatkozik. A nehézségi erő okát, "mert erről semmit sem tudhatunk," Galilei számításba nem hozta; a nehézségi erőt állandónak vette, a mi az ő, a földfelületnek csak egy pontján végrehajtott vizsgálatainál helyes föltevés volt.

A peripatétikus mechanika ellen intézett első támadása, melyre, mint mondják, a pízai dómban észlelt ingalengések adtak alkalmat, a testek szabad esésének tanát tűzte ki célpontul. Már említettük, hogy Galilei direkt kísérletekkel bebizonyította vala, hogy a különböző súlyú testek ugyanabból a magasságból leejtve, egyforma sebességgel esnek a földre; később (Páduában) kísérleteit módosította: különböző súlyú testeket ugyanazon a lejtőn gurított le, vagy egyenlő hosszú fonalú, de különböző súlyú ingákat lengett. Az esési, illetve a lengési idők egyenlőek va-

lának. Galilei azonnal felismerte, hogy a levegő ellenállásának és a surlódásnak a mozgás törvényeihez csak annyiban van közük, a mennyiben mint külső befolyások e mozgásra zavaró hatással vannak. A kísérlettel nem elégedvén meg, tételének helyességeit elmélkedés útján is igazolta, mondván: ha a leeső testet egyenlő részekre osztva képzeljük, e részek egyidejűleg esnek a földre s e közben az egymáshoz való viszonylagos helyzetüket megtartják, miből következik hogy ha a részeket ismét egyesítjük, mi sem változhatik meg, tehát az egész tömeg oly sebesen esik, mint a részei, a nagy tömeg oly sebesen esik, mint a kicsiny.

Galilei tiszta képzetet alkotott a sebesség növekedésének módjáról. Az addig uralkodó nézet szerint az eső test mögött légüres tér keletkezik, s a levegő ebbe a térbe hirtelen betódulván, a testet folytonosan előre lökdösi. E nézet ellenében Galilei föltette, hogy a test az esésnek mindegyik pillanatában a nehézségi erő által újra meg újra megindíttatik, s hogy az új indítás létrehozta se-

besség a már meglévőhöz hozzáadódik; tehát mentül hosszabb ideig esik a test, annál hosszabb időn át kapja az új indításokat, tehát annál nagyobb lesz a sebessége is; rövideden: a sebesség arányos az idővel.

Galilei előtt föltették, hogy a sebesség arányos a leírt úttal. E föltevés helytelenségét a felsőbb matematika segítségével könnyen kimutathatjuk, de Galilei-nek más eszközökhöz kellett nyúlnia. Főtürekvése abban állott, hogy törvényt kísérleti úton igazolja. De mivel a szabadon eső test sebességét bármely időpontban közvetlenül megmérni nem lehetett, Galilei azon volt, hogy a sebességek mérését a befutott utak mérésére vezesse vissza. Erre nézve pedig a következőképen járt el: mértani úton bebizonyította, hogy az utak úgy viszonylanak egymáshoz, mint az idők négyzetei. Hogy ez a törvény, melynek helyessége az elsőét, a sebességnek az idővel való arányos növekedését tételezi föl, kísérleti úton kimutatható legyen, a szabadon eső testek nagy sebessége miatt nagyon pontos mérő eszköz ki-

vántatnék meg. Jelenleg egy Hipp-féle chronoskop segítségével könnyű volna a kísérletet végrehajtani, de Galilei idejében az eféle mérő eszköznek híre-hamva sem volt. De Galilei feltalálta magát: azon volt, hogy az esést kevésbé rohamossá tegye, a nélkül, hogy a mozgás természetét máskülönben megváltoztatná. Galilei a lejtőhöz folyamodott.

Sima sárgaréz golyót pergamenttel bevont csatornán gurított le, s a mozgás alatt eltelt időt egy edény szűk nyílásából kifolyó víz súlyával mérte. Miután az ismételve végrehajtott kísérletei igazolták azt a törvényt, mely szerint az utak a megfelelő idők négyzeteivel arányosak, az első törvényt is bebizonyította.

Most még csak azt kellett megmutatnia, hogy a lejtőn eső testek a szabadon eső testek törvényeit követik. E célra az ingát használta. Fonálra ólomgolyót függesztett, s ezt a golyót a nyugalmi helyzetből kissé félrehúзва leejtette. A golyó a másik oldalon ugyanarra a magasságra emelke-

dett föl. Ezután az inga fonalát megkurtította s a golyót az előbbenivel egyenlő magasságból ejtette le: a golyó a másik oldalon ismét ugyanarra a magasságra szökött fel. Mindezekből Galilei először is azt következtette, hogy a sebesség, melyet a golyó a legmélyebb pontban elért, mind a két esetben ugyanakkora volt, a mekkora t. i. akkor lett volna, ha a legmélyebb pontig az ív magasságán át szabadon esett volna, s a második esetben csak az esés ideje kisebbedett meg; másodszor pedig azt következtette, hogy ez a törvény akkor is áll, ha a lengési rövid ívek helyett egyenes vonalakat vennénk, azaz ha a test lejtőn esnék.

E bizonyítás ellen lehet ugyan kifogásokat tenni, de azért más szempontból nagyon is figyelemre méltó. Ugyanis Galilei különösen kiemelte, hogy a golyónak a legmélyebb pontokban elért egyenlő sebességei olyan indításokat (impeti) képviselnek, melyek a golyót a másik oldalon ugyanarra a magasságra emelik. Ugyanez áll a szabad esésnél is: a testek bizonyos magasságból a földre esvén, akkora impeto-ra tesznek szert,

mely képes volna, hogy azokat ugyanarra a magasságra ismét fölemelje. Galilei még azt is megmutatta, hogy egy test, melyet egy a Föld középpontján átmenő csatornába ejtenénk, mire a Föld középpontjába érne, akkora impetora tenne szert, hogy a Föld ellenkező oldalán ismét a felületig emelkednék; innét visszaesve ismét a tulsó oldal felületéig szöknék és így tovább, azaz a test folytonosan ide-oda lengene. Hogy itt Galilei a nehézségi erőt a Föld belsejében is mindvégig állandónak tekinti, ez oly hiba, mely a felfogás lényegének helyességén mit sem változtathat.

Mindezekben a tételekben a később általánosan és határozottan formulázott erő- megmaradás elvének első csiráit látjuk.

Galilei később még a föntebbi eljárástól eltérő módon is megmutatta, hogy a testek a lejtőn egyenletesen gyorsuló mozgással esnek. Ez a bizonyítás azonos avval, mely az erők szétbontásán alapszik, s jelenleg is használtatik. A lejtős esés törvényeiből továbbá azt a tételt vezette le, hogy



a testek egy kör függélyes átmérőjén, vagy azokon a húrokon, melyeknek egyik végpontja az átmérő egyik végpontjával összeesik, egyenlő idők alatt esnek le.

A szabad és a lejtős esés törvényeiből Galilei még számos más következtetést vont. Így például megmutatta, hogy az egymásután következő egyenlő időközökben leírt utak úgy viszonylanak egymáshoz, mint a páratlan számok; hogy ha valamely test bizonyos ideig esnék, s ez idő végével a nehézségi erő hatni megszűnnék, akkor a test a nyert végsebességével egyenletesen tovább mozogna; hogy az ezen egyenletes sebességgel ugyanazon idő alatt leírt út kétszer akkora volna, mint az előbbeni.

XIV. Mozgási általános törvények. - Hajítás. - Ingamozgás.

A dinamika két alaptörvényét, t. i. a Newtonról elnevezett mozgási törvények elsejét és másodikát Galilei-nek köszönhetjük.

Az első törvény, a tehetetlenség törvénye, azt mondja, hogy valamely nyugvó test önmagától nem képes a helyzetét megváltoztatni. De ez csak a törvénynek könnyen felfogható s mintegy önmagától értetődő első része, melylyel Galilei előtt már Kepler is tisztában volt. A törvény második része, mely szerint a mozgásban levő test nem képes mozgási állapotát, azaz a sebességét és irányát, önmagától megváltoztatni, Galilei-től ered.

Galilei a hajított testek mozgásánál különösen kiemelte a tehetetlenség törvényét, ámbár addigi vizsgálatainál is hallgatagon föltételezte, a mint ez a sebesség növekedéséről alkotott képzeletéből a leghatározottabban kitűnik. Galilei az apályt és dagályt is a tehetetlenség törvényével magyarázta, mert szerinte a tétlen víztömeg nem képes a föld gyors mozgását követni, tehát a mögötte levő partokon felhalmozódik.

A második mozgási törvény azt mondja, hogy a mozgás sebességének és irányának változása

csak erő által hozható létre, még pedig evvel az erővel aránylagosan.

E törvénynyel szorosan összefüggnek az erők összetételének törvényei, melyekre nézve Galilei a következő szabályokat állította föl: először, valamely test, melyre egyenlő nagyságú, de ellenkező irányú erők hatnak, egyensúlyban marad; másodszor, ha emez ellenkező irányú erők közül az egyik nagyobb, mint a másik, akkor a test a nagyobbik erő hatásának enged s az erők különbségével aránylagosan mozog; harmadszor, ha valamely testre egymással nem párhuzamos irányú két erő működik, akkor a test annak az egyenköznek átszögellőjét futja be, melynek oldalait a mondott erők irány és nagyság szerint képviselik, s az átszögellő befutására annyi idő kell, mint a mennyit az oldalak egyikének vagy másikának befutása igényel.

A harmadik szabály, mely az elsőt és másodikat magában foglalja, az erők egyenköze tételének neveztetik; ezen alapszik az erők összetételé-

nek és szétbontásának elmélete. Ugyanezt a tételt 1586-ban a hollandi Stevin, Galilei-től függetlenül állította fel, de Stevin csak az erők egyensúlyát tartotta szem előtt, holott Galilei a tételt az erők dinamikai hatásaira való tekintettel formulázta, bár az eme szempontból való fontosságát nem ismerte föl egészen.

Galilei volt az első, a ki nemcsak az egyszerű, hanem még az összetett dinamikai feladatok megfejtésével is foglalkozott. Az új tudományának harmadik részében a hajítási problémát tárgyalja, s ezt az elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt érdekes feladatot, bár nem az utolsó részletekig, de mégis egészen helyesen megfejtette.

E problémának már Galilei előtt is voltak művelői. Tartaglia, a ki különösen a vegyes harmadfokú egyenletek feloldása által vált híressé, Nuova Scienza, Venezia 1537. című művében azt állította, hogy a hajított testek pályájának mindegyik része görbe vonalú. S evvel akkoriban so-

kat mondott, mert a peripatétikus tanok szerint a hajított testek mozgása a természetes és az erőszakos mozgásból oly formán tevődött össze, hogy a test mozgásának első (erőszakos) stádiumában egyenesben, a második (vegyes) stádiumában körben, a harmadik (természetes) stádiumban pedig ismét egyenes vonalban mozgott! Tartaglia tudta azt is, hogy a hajítási távolság  $45^\circ$  emelkedési szögnél a legnagyobb.

Galilei a vízszintes irányban elhajított test mozgását az egyenletes és az egyenletesen gyorsuló mozgásból kombinálta. A tehetetlenség törvénye alapján föltette, hogy a vízszintesen elhajított test egyenletes sebességgel és egyenes irányban tovahaladna, ha arra a nehézségi erő nem működne. De Galilei tudta azt is, hogy a nehézségi erő az elhajított testre csak úgy hat, mint a szabadon eső testre, tehát az akkori ellenkező fel fogással szemben tudta azt is, hogy valamely golyó, akár szabadon esik, akár vízszintesen hajítja-tik, egyenlő időben esik a földre. A két mozgás

kombinációja után a pályát parabolának (linea semiparabolica) találta.

A ferdén hajított test pályáját szintén parabolának találta, megmutatta, hogy a hajítási távolság állandó hajítási sebesség mellett  $45^\circ$  hajítási szögnél a legnagyobb; oly szögeknél pedig, melyek  $45^\circ$ -nál ugyanannyival nagyobbak vagy kisebbek, a hajítási távolságok egyenlők. Végre megvizsgálta a fölfelé irányuló függélyes hajítást is, ami őt az egyenletesen lassuló mozgás helyes fölismerésére vezette, mert mind az emelkedési időt, mind pedig a hajítás magasságát helyesen határozta meg.

Galilei a levegő ellenállására tekintettel nem volt, ámbár azt már Cardano, a Tartaglia híres kortársa figyelembe vette.

Az ingamozgás törvényeit nem vezette le oly körülményesen, mint a hajításét, de azok alapját mégis ő vetette. Ő előtte az ingamozgás a tudományra nézve nem is létezett.

Galilei, mint már említettük, megmutatta, hogy a lengési idő független az inga súlyától. A második ide tartozó törvény, melyet föltalált, azt fejezte ki, hogy a lengési idők csak az inga hosszúságától függnnek, még pedig oly formán, hogy a lengési idők úgy viszonylanak, mint a megfelelő ingahosszúságok négyzetgyökei. Mondják, hogy evvel a törvényt meg határozta a pizai dóm kupolájának magasságát a rajta függő lámpák lengési ideiből.

Ezt a törvényt levezette a lejtős esés törvényeiből, melyek szerint az esési (itt lengési) idők arányosak a lejtőhosszúságoknak (lengési táglatoknak) vagy a lejtő magasságoknak (ív magasságoknak) négyzetgyökeivel. Mivel pedig az ugyanazon középponti szögekhez tartozó ívek magasságai úgy viszonylanak, mint a körök sugarai (ingák hosszúságai), következik, hogy a lengési idők az ingahosszúságok négyzetgyökeivel is arányosak. Ebből a levezetésből kitűnik, hogy Galilei a lengési íveket hasonlóknak, azaz ugyanahhoz a középponti szöghöz tartozóknak

képzelte, s valóban a mondott törvény csakis eme föltétel mellett áll, kivéve azt az esetet, midőn a lengési táglatok nagyon kicsinyek. De épen az a körülmény, hogy Galilei a lengési íveket hasonlónak tekintette, mutatja azt is, miszerint tudta, hogy a lengési idő a táglattól is függ; a matematikai összefüggés persze még ismeretlen volt előtte.

Az ingamozgásra vonatkozó Galilei-féle harmadik törvény az előbbeninek a folyománya: a különböző ingák egyenlő időközben végzett lengéseinek számai fordított viszonyban vannak az ingahosszúságok négyzetgyökeivel.

Galilei az ingás időmérés eszméjével is foglalkozott, de tervének kivitelét a fiára bízta, aki ezt a feladatot csak részben fejtette meg.

XV. A virtuális sebességek elve. Ütközés. -  
Hydrostatika.

Galilei a mechanikát még egy oly tétellel gazdagította, melyet a későbbi határozottabb felfo-



gás a mechanika egyik legfontosabb tanává tett. Ez a virtuális sebességek tétele volt, melyet először a vízen úszó vagy a vízben mozgó testekről írt értekezésében értelmezett, aztán pedig a Della scienza meccanica című iratában a gépek egyensúlyára alkalmazott. A nyomaték fogalmával, a mint ez az emeltyűnél az egyensúly feltételének meghatározására szolgál, már Leonardo, Benedetti és Ubaldi is tisztában voltak. Azonban Galilei-nél a nyomaték a pusztá térvizszonyokra vonatkozó statikai jelleméből kivetkőzik; nála a nyomaték "az az indítás (impeto), mely a nehézségből, a helyzetből és más valamiből tevődik össze." Ez a más valami pedig nem egyéb, mint az a sebesség, melyet az egyensúlyban levő test abban a pillanatban vesz föl, melyben az egyensúly megzavartatott; hogy két erő egyensúlyt hozzon létre, kell, hogy az erőknek az irányukra vonatkoztatott virtuális sebességgel való szorzatuk egyenlő legyen.

Galilei az ütközés törvényeinek levezetésén is fáradozott s bár fáradságát siker nem koronázta,

az ütközésről legalább is helyes képzeteket alkotott, minélfogva nem jöhetett olyan hamis eredményekre, amilyenekre később Descartes jutott.

Galilei a hydrostatikai mérlegnek a föltalálója. Az ő mérlege a bilancetta, gyors mérleg volt. E találmányánál sokkal fontosabb a folyadékok szerkezetéről alkotott képze, mely lényegében véve az elméleti vizsgálatoknak alapelve. Nála a folyadékok gömbalakú részecskéi súlyosak és e mellett rendkívül mozgékonyak, minélfogva már a legkisebb erőnek is engednek. E föltevással ki-magyarázta a nyomás egyenletes terjedését s a többi tüneteményeket, melyek a folyadékok nyomásából erednek; e föltevással s a virtuális sebességek elvének alkalmazásával a hydrostatikát a statikai általános módszerekkel szorosabb kapcsolatba hozta.

Galilei a hydraulikában gyakorlati tervekkel is foglalkozott, mert egy hydraulikai gépet szerkesztett, melyet a velencei doge 1594-ben húsz évre szabadalmazott.

Az eddig ismertetett eredmények, melyeket Galilei a mechanika terén elért, kétségen kívül a legjelentősebbek. Ezek adtak lendületet a matematikának, mely ismét a mechanikára visszahatván, az analitikai mechanikának szilárd alapon való fölépítését tette lehetővé. Galilei teljes tudatában volt annak, hogy az általa kivívott eredmények "egy hatalmas és kitűnő tudománynak" mezejét nyitották meg.

XVI. A testek szilárdsága. - A levegő nyomása. - Hőmérés. - Akusztika.

De Galilei a fizika többi ágaiban is jelentékeny nyomokat hagyott maga után, bár az itt elért eredményei, elméleti csekélyebb fontosságuk mellett, még mechanikai törvényeinek hibátlan-ságát, s hogy úgy mondjuk, matematikai tisztaságát is nélkülözik.

Galilei a szilárdságra vonatkozó vizsgálatait az első új tudománynak nevezte, míg a dinamikaiak a második új tudományt képezték.

A testek szilárdságát, melylyel a törésnek, szakításnak stb. ellenállanak, a *resistenza del vacuo*-nak, az űr elleni ellenállásnak tulajdonította. Ezt bizonyára csak úgy értette, hogy a testek részecskéi a térbeli szétválasztásnak állanak ellen, de semmiképen sem indokolható az a föltevés, mely szerint a *resistenza del vacuo* a peripatétikus horror vacui-val rokon, vagy épen azonos fölfogás volna, s hogy ennélfogva Galilei az aristotelesi tanok kötelékéből egészen kibontakozni még sem birt volna. Ezt a föltevést, melyet Pascal talán akarata ellenére - hozott forgalomba, sem Galilei tudományos egyénisége, sem pedig iratainak egyik helye sem igazolja.

A relatív szilárdság meghatározásánál föltette, hogy a rostok a test hosszában egyenlő ellenállást fejtenek ki; hogy a felső rostok az elszakadás előtt nem nyúlnak, az alsók pedig nem rövidülnek meg, mely föltevés a merev testekre nézve is csak megközelítőleg áll. Galilei továbbá azt találta, hogy az üres hengerek nehezebben törhetők el mint a tömörek, minélfogva a természet nagyobb

szilárdság kedvéért az állatok csontjait, a madarak tollait s némely növény szárait üresen hagyta. Galilei továbbá átlátta, hogy van egy bizonyos határ, melyen túl a testek saját súlyuknál fogva eltörnek vagy elszakadnak, mert szerinte a szilárdság nem arányos a testek súlyával.

A víz emelkedését a csövekben nem a levegő nyomásának, hanem a víz és a dugó közötti tapadásnak tulajdonította; ha azonban a vízoszlop 18 rőfnél magasabb, akkor már a saját súlya miatt elszakad, úgy a mint minden más test is bizonyos nagy hosszúságnál elszakadna.

Galilei különben nagyon is tudta, hogy a levegőnek pozitív súlya van, sőt a levegő súlyát meg is határozta. Egy palaczkba először levegőt szorított, aztán ugyanazt a palaczkot vízzel töltötte meg, s azt mind a két esetben megmérte. Légsűrítőül vízszivattyút használt. Ily módon azt találta, hogy a víz körülbelül négyszázszorta többet nyom, mint az ugyanakkora térfogatú levegő. Galilei még egy másik, emennél tökéletesebb mód-

szert is ajánlott; ugyanis a palaczkot először levegővel megtöltve, aztán pedig légüresen kellett volna megmérni. Ez az eljárás jelenleg is használatos ugyan, de a Galilei korában nem sok haszná volt. Galilei, a légszivattyút még nem ismervén, a levegőt melegítés által akarta a palaczkból ki-hajtani.

Különben Galilei közel volt ahhoz, hogy a légszivattyút föltalálja; ugyanis egyik végén sima lappal elzárt hengerbe jól záró dugót illesztett s az egészet megfordította s fölfüggesztette. Ezután a dugó nyelére addig rakott súlyokat, míg a dugó süllyedni kezdett. Ha csapokkal vagy szelepekkel ellátott összekötő csöveket is alkalmazott volna, a készüléket légszivattyú gyanánt lehetett volna használni, de ő a dugó lehúzására megkívántató súlyokból csak a *resistenza del vacuo*-t akarta meghatározni.

Galilei a hőtanban a hőmérő föltalálójaként szerepel. Ránk maradt irataiban e készülék nem említetik ugyan, azonban Nelli és Viviani állítá-

sai szerint Galilei már 1597-ben készített hőmérőt, s ezt 1603-ban Castelli-nek bemutatta. Továbbá Sagredo 1613-tól kezdve a Galilei-féle hőmérővel rendes észleleteket tett.

A Galilei hőmérője egyik végén nyílt, a másik végén pedig golyóval ellátott üvegcső volt; az ebben lévő levegő a külsőtől vízcsepp által választatott el, tehát az egész még nagyon tökéletlen léghőmérő volt.

A hőtünemények a természetben annyira jelentős szerepet játszanak, hogy alig képzelhetünk valamely jelenséget, melyben a hőhatásoknak kisebb-nagyobb része nem volna. A hő, nevezetesen a Nap heve, majdnem az összes erélyeinknek forrása lévén, önként következik, hogy a hő mérése a természettudományokban és a közéletben egyaránt fontos. A régiek a hő fokát tapintás által mérték, azaz csak becsülték. De ez a tapintó hőmérő csak kétféle hőfokot jelzett: meleget és hideget! A meleg és hideg különböző fokozatai közötti különbség tételére a tapintás a legalkalmat-

lanabb eszköz, melyet csak képzelni lehet, minél-fogva a hőmérő föltalálója, bárki lett legyen is az, oly eszközt nyújtott, melyet még annak is meg kell becsülnie, a ki a tudományokkal soha sem foglalkozik.

Nem csoda tehát, hogy még sokan vannak, kik a hőmérő föltalálására igényt tartanak. De ezek az igények vagy alaptalanok, vagy pedig a Galilei találmánya utáni időkből erednek.

Fludd, verulámi Baco, Drebbel, Sanctorius és Sarpi azok, kik itt-ott mint föltalálók szerepelnek, de mindegyikük igényei visszavezethetők Galilei-re, ki eszméit nem csupán nyomtatott munkákban, hanem a tanszékéről is szokta volt hirdetni; az utóbbi eljárása elegendő volt arra, hogy Európa minden részeiből hozzásereglett tanítványok találmányait messze földön terjesszék; Galilei pedig, mint említettük, nem fektett nagy súlyt arra, hogy eszméit a nyomtatás által megőrizze. Fludd Olaszországban járt, s csak 1605-ben tért vissza hazájába, Angolországba,



műveit pedig még később tette közzé. Drebbel hollandi fizikusnak (1572-1632) hőmérőjét *calendare vitrum* név alatt 1620-ban Baco csak leírta, tehát Baco a fölfedezésre igényt épen nem tarthat, s tulajdonképen nem is tartott. Egyébiránt a Drebbel készüléke nem volt egyéb, mint rossz *barothermoscops* e készülék eszméjét Porta-tól vette. Végre Sanctorius (1561-1636) *caloris mensura*-a a Drebbel készülékétől semmiben sem különbözött, Sarpi pedig a műveiben hőmérőt nem is említ, bár úgy látszik, hogy avval 1617-ben foglalkozott.

Vége még Galilei-nek az akusztika körül szerzett érdemeiről kell szólanunk. Mint annyi más téren, úgy itt is úttörő volt. A mit ő előtte a zene elmélete alatt értettek, annak a fizikához vajmi kevés közé volt; Pythagoras-nak és a pythagoréusoknak a hangskálára vonatkozó vizsgálatait tudományos alakot csak a XVII-ik században öltöttek.

Galilei megmutatta, hogy a hang magassága a rezgések számától függ. Vízzel telt pohár szélét újjaival dörzsölvén hangot idézett elő és azt tapasztalta, hogy a víz fölületén hullámok keletkeznek; midőn erősebb dörzsöléssel az előbbeni hangnak oktáváját idézte elő, az előbbeni hullámok mindegyike két kisebb hullámra oszlott, "ami nagyon világosan mutatja az oktáva dupla formáját." Galilei megvizsgálta a húrok hosszúsága és a rezgési számok közötti összefüggést; a húrokat olyan ingáknak tekintette, melyeknél a felfüggesztett súly nem a nehézségi erő, hanem a rugalmasság hatásainál fogva leng. Ebből az összehasonlításból azonnal következtette, hogy a húrok rezgési ideje egyenes arányban van a hosszúságuk négyzetgyökével. Továbbá megmutatta, hogy valamely hangszernek megpendített húrja, a vele egyformán, vagy kvintre vagy oktávára hangolt húrokat rezonáltatja.

Biot a hangfigurák fölfedezését is Galilei-nek tulajdonítja, azonban a Galilei idevonatkozó észleletei, épen úgy mint a Leonardo-éi, sokkal kez-

detlegesebbek, semhogy a Chladni elsőbbségi jogait megingathatnák.

XVII. A fizikai módszer megalapítása. - Verulamii Baco.

A Galilei által elért legfontosabb eredményeknek az imént előterjesztettük ismertetéséből eléggé kitűnik, hogy mennyit köszönhet neki a fizika. Ha még visszaemlékezünk asztronómiai érdekre, lehetetlen, hogy meg ne hajoljunk e rendkívüli ember génusza előtt. Rendkívüli tehetségei, sokoldalú föltaláló képességgel s a természet törvényeinek kikutatására szolgáló egyedül helyes módszer öntudatos és következetes alkalmazásával párosulva, oly eredményeket hoztak létre, melyek a természet tudományát megingathatlan alapra valának fektetendőek.

Galilei a fizikát nem csak tartalmilag, hanem a módszere által alakilag is megalapította. Búvárkodásai a skolasztikai bölcseletre halálos csapásokat mértek, s ebben áll a fizikai módszer nega-

tív megalapítása; avval pedig, amit tényleg fölmutatott, az igazán helyes buvárlat elé elévülhetetlen mintaképeket állított. Pusztá bölcsekedéssel alig lehetett volna valamit elérni, mindennél hangosabban szóló tényekre volt szükség, hogy az új módszer minden támadással szemben diadalmaskodhassék. Galilei, mindamellett hogy a filozófiát is reformálta, filozófiájának rendszerét külön soha sem terjesztette elő; filozófiájának jellemző vonása éppen a szabály és alkalmazás egyesítésében állott.

Hogy a fizikát tartalmilag valóban Galilei alapította-e meg, ez legfeljebb csak annyiban lehetne vita tárgya, a mennyiben szóba jöhetne, vajjon egyáltalában lehetséges-e az, hogy a rendkívüli terjedelmű jelenlegi fizika megalapítását egy embernek tulajdonítsuk. De a mi a módszer tényleges megalapítását illeti, Galilei-n kívül más szóba sem jöhet. Pedig a Galilei alapító érdemei éppen ebben a tekintetben hosszú időközön át félreismerettek, s az alapítás dicsőségével verulámi Baco ruháztatott föl.

Mivel a fizikai módszer megalapítása a fizikára nézve életkérdés volt, úgy véljük, hogy az olvasónak jogos kíváncsiságát fogjuk kielégíteni, ha Baco-nak mind a fizikai módszerhez, mind pedig a Galilei-hez való viszonyát röviden feltüntetjük.

Sir Francis Baco (Bacon), Erzsébet angol királyné főpecsétörének a fia, 1561-ben született, s a cambridgei egyetemen, ahol még a skolasztika maradványai burjánzottak, filozófiát és jogot tanult. Mint jogtudós oly nagy hírnévre tett szert, hogy 1588-ban a királyné rendkívüli tanácsosának rangjára emeltetett.

De Baco az Essex gróf híve lévén, az utóbbinak ellenfelei megakadályozták, hogy tehetségeinek és dicsvágyának megfelelő, még magasabb állásokra emelkedjék. Baco az iránta rendkívül nagylelkű Essex gróf jótéteményeit rút hálátlansággal és árulással fizette vissza, ami egész életére sötét szégyenfoltot vet. A szerencse Baconak csak Erzsébet halála után, I. Jakab uralkodá-

sa alatt kezdett igazán kedvezni; fokozatosan a király prokurátorává, kancellárrá, nagy kancellárrá, Verulam bárójává és St. Alban viczegrófjává neveztetett ki. E fényes kitüntetések őt teljesen elvakították és erkölceit teljesen megrontották. Míg egyrésről Buckinghamnek, a királyi kegyencznek hízelgett, addig más résről mint bíró megvesztegetteté magát s hevesen védelmezte az udvarnál uralkodó visszaéléseket, melyek végtére oly kiáltókká váltak, hogy Baco a megérdemlett büntetést el nem kerülhette. Hivatalaitól megfosztatván, pénzbírságra és börtönre ítéltetett; de később, királyi kegyelem útján, ismét kitüntetésekhez jutott, azonban régi befolyását többé vissza nem szerezhette. Teljesen eladósodva 1626-ban halt meg.

Baco már tanuló korában elhatározta magát, hogy életét a tudományok fejlődését akadályozó korlátok ledöntésének és a tudományok ideáлизálásának és általánosításának fogja szentelni. Szándékát csak részben vihette keresztül, mert az *Instauratio magna* című tervezett nagy munkájá-

nak csak egyes részei, nevezetesen a *De dignitate et augmentis scientiarum* és *Novum Organum sive Judicia vera de interpretatione naturae* című munkái jelentek meg.

Baco abból az alapföltevésből indult ki, hogy az emberek a természettől elfordultak s ismereteiket csakis a könyvekből és a tekintélyek nyilatkozataiból merítették, minélfogva egészen természetellenes nézetek és tanok keletkeztek. Arra törekedett, hogy az emberek ismereteiket a természet közvetetlen szemléletére alapítsák s a képzelet alkotásait ne tekintsék a valóság képének. Szerinte a tudományok alapjai csakis a történelem és a tapasztalás lehetnek; ezeken alapszik a fizika és a mechanika, s a fizikán ismét a metafizika és a mágia; ez utóbbi alatt az ember elől valóban elrejtett és semmikép föl nem ismerhető dolgokat, a túlvilág és az istenség titkát értette. Azokat a filozófiai törekvéseket, melyek eme mágia kipuhatolását tették föladatukká, elvetendőnek jelentette ki; hasonlóképen elvetette az ókor föltétlen tiszteletét s evvel együtt a filo-

zófiai szóvitázást: sőt az ókor tudományosságáról való hiányos ismeretei folytán az ókort s az ezt följújtó humanizmust értékein alul becsülte; a skolasztikát a legszigorúabban ítélte el s a középkor ábrándjaival végképen szakított.

Ennek az irányzatnak, mely kétségen kívül igen sok helyes elvet foglalt magában, csak egy, de aztán annál sarkalatosabb hibája volt: Baco azt kizárólagossá, tehát egyoldalúvá tette. A spekuláció értékét föl nem ismervén, minden jót az empiriától várt. Hogy az ilyen egyoldalúság az igazán tudományos bűvárlatnak csakis a kárára lehet, erről magának Baco-nak példája tanuskozik. Baco elvetette és kigunyolta a Kopernikus elméletét, mert fölöslegesnek tartotta, hogy a szemmel látható dolgok fölött spekulációkba bocsátkozzék; különben is, az asztronómiában és a mechanikában - bár Galilei tanát ismerte - teljesen kora mögött maradt, sőt még az emeltyű törvényeit sem ismerte! Már pedig a tudományok reformátorától, mint a hogy tisztelői őt elnevezték, hogy ha a tudományokat tényleges eredmé-



nyekkel nem gazdagítja is, annyit mégis csak el lehet várni, hogy legalább az általa reformálandó tudományok színvonalán álljon.

Fölösleges volna hosszasan fejtegetnünk, hogy a Baco empirizmusa mily káros befolyással lett volna a fizika fejlődésére, ha a fizikusoknak hajlamuk lett volna arra, hogy a Baco irataiban szétszórt preczeptek után induljanak. Szerencsére ez nem történt meg, mert a XVII. század íróinak túlnyomó része Galilei filozófiája után indult, s Baco-t csak nagy ritkán említette; Baco tanai csak akkor kezdetek hatást gyakorolni, midőn a természeti bölcselet terén a nagy forradalom már rég lezajlott. E tanok rendkívüli híreket csak ama magasztalásoknak köszönhetik, melyekkel a buzgó honfitársak a szerzőt elhalmozták.

Nem hiányoztak az angolok között sem olyanok, kik, mint a híres Hume, Galilei-nek kétségbe nem vonható fölényét minden habozás nélkül elismerték. Hume a History of Great Britain,

Lond. 1770. című nagy művében Baco-ról a következőképen ítélt:

"Ha Baco-t egyszerűen szerzőnek és filozófusnak tekintjük, bár e szempontból nagyon becsülendő, Galilei mögött mégis nagyon messze marad. Baco messziről mutatta az igazi filozófia útját: Galilei erre nem csak hogy rámutatott, hanem rajta ő maga is nagy léptekkel haladt. Az angol tudósnak nem valának semmi matematikai ismeretei; a flórenczi ezekben tündökölt, s ő volt az első, ki ezeket a kísérletre és a természeti bölcsesetre alkalmazta. Az előbbeni megvetőleg utasította el a Kopernikus rendszerét, melyet az utóbbi az érzékekből és az értelemből merített bizonyítékokkal megerősített. A Baco stílje durva és erőltetett. Szellem, bár néha-néha föl villan, nem igen természetes, s megnyitotta sorát a szellemet fárasztó ama hasonlatoknak és hosszú allegóriáknak, melyek az angol szerzőket kitüntetik. Ellenben Galilei élénk, kellemes, bár kissé hosszadalmas. De Itália, mely nem volt egy egyedüli kormány alatt egyesítve, s talán el volt telve avval az

irodalmi dicsőséggel, melyet mind az ókori, mind pedig az újabb időkben fölmutathat, semmit sem törődött avval a dicsőséggel, hogy ily nagy férfiú a szülötte volt, holott az angoloknál az uralkodó nemzeti érzület a kitűnő írókat, kik közé Baco is számíttatik, gyakran részrehajló és túlságos dicséretekkel és magasztalásokkal halmozza el."

Baco híres módszerével nem csak hogy maga nem tett semmi kiváló fölfedezést, hanem még a modern fölfedezéseket állítólag előre megjósoló híres iratai alapján valami kiváló dolgot más valaki sem hozott létre. A szintén angol Brewster Newton tudományos jelleméről szólván, a következő idevonatkozó megjegyzést teszi:

"Miután megmutattuk, hogy a kitűnő bűvárok, kik Baco előtt éltek, az indukziós vizsgálatok elméletének és praxisának tökéletes mesterei valának, érdekes lesz, ha megkérdezzük, hogy az utána következő filozófusok az ő rendszere iránt lekötelezve érezték-e magukat, vagy hogy a

preczeptjeiből valami nagyon csekély hasznót huztak-e. Ha Baco olyan módszert állított föl, melynek az újabb tudomány a létezését köszönheti, akkor azt fogjuk tapasztalni, hogy annak művelői hálásak amaz adomány iránt, és bőven szórják a tömjént ama jótevőnek oltáránál, kinek nagy lelkű munkái őket a halhatatlansághoz vezették. Azonban ilyes elismeréseket nem találunk. Majdnem két évszázad múlt el, bőven termelve az emberi szellem gyümölcseit, a nélkül hogy valamely hálás tanítvány jelentkezett volna, ki a tudományok törvényhozójának (mint a hogy Baco-t nevezik) jogait érvényre emelni akarta volna. Maga Newton, ki a Novum Organon közvételétele után született és neveltetett, soha sem említi Baco-t és rendszerét, és a szeretetre méltó és fáradhatatlan Boyle őt nem nagy tiszteletet tanúsító hallgatással mellőzi. Ha tehát valaki azt mondja, hogy Newton valamennyi fölfedezését a bacói módszernek köszönheti, akkor ez alatt csak azt lehet érteni, hogy az észlelet és a kísérlet amaz útján haladt, melyet Baco az ő Novum Or-

ganon-jában melegen ajánlott; de hozzá kellene tennie, hogy ugyanezt a módszert elődei is alkalmazták; hogy Newton-nak nem volt olyan titka, melyet Galilei és Kopernikus nem használt volna; hogy ő a tudományt ugyanazokkal a fényes fölfedezésekkel gazdagította volna még akkor is, ha Baco nevének és iratainak soha híre-hamva sem lett volna."

Baco fölött nem csak Galilei áll, hanem még az őt tehetségben és jellemben egyaránt fölülmuló középkori névrokona, Roger Baco, s a későbbi Leonardo is, kik a célhoz vezető utat filozófiai hosszas fejtegetések nélkül is jobban eltalálták, s ezen az úton tudományos eredményeket is mutatnak föl.

Azt a filozófiát, mely a fizikának hasznára lehetett és hasznára is volt, nem Baco, hanem Galilei alapította meg. Galilei-nek ezt az érdemét filozófia-történelmi utólagos fejtegetések a legkevésbé sem homályosíthatják el, mert azt a tények hatalma erősíti meg.

# KEPLER



Galilei után alig találunk természettudóst, a ki nem csak tudományos érdemei, hanem személyisége iránt is annyi érdeket kelt, mint Kepler.

Korszakalkotó törvényeivel a Kopernikus tanára ő tette föl a koronát, az ég mechanikája pedig ő nála kezdődik. S míg tehetségeinek évszázadokra kiható termékei szellemünket ragadják el, addig lelkiületének költői gazdagsága s néha túlmerész fantáziája, ott a hol rendszerint csak a hidegen számító észnek volna tere a tevékenységre, egyszersmind magasztos érzelmeket gerjeszt.

A Kepler alkotta asztronómiai híres törvények nem az egyedüli szolgálat, melyet e kiváló ember a tudománynak tett, mert lángeszének és ernyedetlen szorgalmának a helyes módszer segítségével létrehozott egyéb termékei számos más téren is maradandó nyomokat hagytak hátra. Viszontagságos élete mozgalmas korának hű tüköre, s egyúttal fényes példája annak, hogy miként dia-

dalmaskodik a nemes jellemmel párosult lángész az eléje gördített akadályokon.

## I. Kepler élete.

Johann Kepler (tulajdonképpen Keppler) 1571. decz. 27-én a württembergi Magstadtban, Weil birodalmi város közelében született. Régi nemes, de viszontagságok folytán nagyon aláhanyatlott családból származott; atyja korcsmáros, nyugtalan, veszekedő természetű és könnyelmű ember volt. Atyját Henriknek, anyját Guldenmann Katalinnak hívták. Az utóbbinak nagyon csekély műveltsége volt; írni és olvasni sem tudott. A szülék 1571-től kezdve Weilban tartózkodtak.

Kepler, mint maga mondá, gyenge testalkatú és sok betegséggel bajlódó hét hónapos gyermek volt. Családi viszonyai nagyon szomorúak valának. Atyja a még meglevő vagyonát eladván, mint katona próbált szerencsét s Belgiumba ment, hogy ott az Alba herczeg seregével a hollandiak ellen harczoljon, s mivel nejét is magával vitte, a gyermeket nagyanyja gondjára bízta.



A szülék egy pár év után visszatérvén, gyermeküket himlőben veszélyesen megbetegedve tálták. Weilból a közeli Leonbergbe költöztek (a honnét Kepler néha Leontinus-nak is neveztetik), de a köztük kiütött viszály s egyéb sorscsapások folytán a családapá övéit ismét odahagyta, és többé nem is tért vissza. Az osztrákok szolgálatába lépett s a törökök ellen harczolva esett el.

Könnyű belátni, hogy ilyen családi viszonyok között Kepler csak nagyon hiányos nevelésben részesülhetett. Hat éves korától kezdve a leonbergi iskolába járt, de Hollandból visszatérő atyja Elmendingenben korcsmát nyitván, a fiút az iskolából kivette és az üzletben alkalmazta. Midőn atyja az osztrák seregbe vonult, a családnak még 4000 forint értékű vagyona volt, de anyja rövid idő alatt ezt is könnyelműen elpazarolta.

Kepler-nek két fítestvére közül az egyik rézöntő, a másik katona volt. Mind a ketten anyjokra ütöttek: igazi semmirekellők valának. Az ifjú

Kepler csak a nővérében, egy protestáns pap nevében, lelhetett örömet.

Kepler-nek földműveléssel kellett foglalkoznia. Gyenge testalkata a nehéz munkát nem sokáig bírhatta volna el. Szerencse, hogy nagyatyja, a weili polgármester, tehetségeit fölismerte, s őt a papi pályára szánván, neki először a hirschaui, később pedig a maulbronni szerzetes iskolában ingyenes fölvételt eszközölt ki. Az ifjú Kepler mind a két intézetben tehetség, szorgalom és jó erkölcsök által tűnt ki; 18 éves korában a tübingai szeminariumba lépett, hol a baccalaureatusi vizsgálaton annyira jeleskedett, hogy 25 pályázó közül ő lett a második.

Kepler protestáns pappá akarta magát kiképezni, de két barátja és pártfogója, nevezetesen Gerlach szuperintendens és még inkább Mästlin, akkoriban nagyhírű csillagász, ki Olaszországban tartott beszédeivel állítólag Galilei-t is megnyerte a Kopernikus tanának, kiképzését egészen más irányba terelték. Mästlin, ki Tübingában 1584 óta

tanított, Kepler-ben az asztronómia és matematika iránt nagy érdeklődést keltett, s neki később jó és balsorsban barátja és pártfogója maradt. Kepler ez időtájban ismerkedett meg Kopernikus könyvével.

Mindamellett hogy Kepler a theológiától elfordult, mindvégig vallásos érzületű maradt, s a miszticizmus iránti hajlamokról, melyeket az első nevelés oltott belé, megszabadulni később sem tudott. Azonban tanárainak orthodox és dogmatikai merevsége ellen nagyon sokszor nyíltan föllépett, minélfogva tudományos képzettsége, szónoki tehetsége és protestáns papok hiánya dacára sem kaphatott állomást. Várakoztatással akarták megpuhítani.

De épen ez a körülmény vezette őt arra a pályára, melyen nevét megörökítendő vala. "Mióta a filozófia ingerével megismerkedtem, mondja Kepler, annak minden egyes részét hévvel karoltam föl; de az asztronómia iránt valami különös figyelemmel még sem voltam, bár mindazt, a mit

arról az isko lában tanítottak, könnyen megért-  
hettem. Engem a württembergi herczeg költségein  
neveltek föl, s a mikor láttam, hogy tanuló társa-  
im a herczeg szolgálatában oly hivatalokat fo-  
gadnak el, a melyekre valami különös tehetségök  
nem volt, arra határoztam el magamat, hogy az  
első kínálkozó állomást elfogadom."

Az alkalom nem sokáig váratott magára. A stá-  
jer rendek a gráci egyetemhez a matematika és  
ethika tanszékére professzort kerestek. Mästlin  
Kepler-t ajánlotta. De Kepler eleintén vonako-  
dott, hogy ezt az állást elfoglalja, mert arra magát  
eléggé képzettnek nem tartotta, s csak a Mästlin  
rábeszélésére utazott el 1593-ban Grácza.

Itt legelőször is a babona és az asztrológia által  
elcsúfított naptárt javította. A naptárban az időjá-  
rást tapasztalati elvek alapján jósolta ugyan, de a  
népeknek a bekövetkezendő jó és balsorsáról ko-  
molyan nem nyilatkozott; egyúttal a juliánus  
napár helyett behozta a gregoriánust, mely sze-  
rint október havából 10 napot ki kellett vetni. A

katholikusoknak nagyon tetszett, hogy egy protestáns theológus ily részrehajlatlanul ítél XIII. Gergely pápának 1582-ben elrendelt naptárjavításáról, s a fölvilágosult protestáns papok Kepler-nek azt a bátorságát méltatták, melylyel a balvélemény ellen kikelni mert. Csak hazájának lutheránus papsága vette rossz néven tőle, hogy a pápista kalendáriumot fogadta el, és őt kriptokatholicizmussal, azaz titkolt katholicizmussal is vádolták.

Kepler-t már állomása is kényszerítette, hogy az asztronómiával tüzetesebben foglalkozzék. Első munkája, a *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum*. Tübing. 1596. (Frankf. 1621), melyben a Kopernikus rendszere alapján a bolygók pályájáról elmélkedik, általános föltűnést keltett, de a papság részéről sok ellenséget is szerzett neki. Az utóbbiak nem is mulasztották el, hogy őt atheizmussal vádolják. De a legjelesebb csillagászok annál nagyobb örömmel fogadták a Kepler munkáját. "Szerencsésnek vallom magamat;

hogy az igazság kikutatásában benned elvtársra találtam,"ezt írta Kepler-nek Galilei már az előszó elolvasása után; sőt a nem kopernikánus Tycho is szintén levélben fejezte ki örömét Kepler-nek, s 1597-ben magához hívta Kopenhágába.

Kepler szívesen engedett volna a nagyhírű csillagász meghívásának, de ugyancsak 1597-ben nőül vette Müller Borbálát, egy nemesi családból származó fiatal (23 éves) és gazdag özvegyet, ki-nek különben Kepler már a harmadik férje volt,de neje a messze külföldre való utazásról mit sem akart tudni.

Kepler családi örömei nem tartottak sokáig. 1598-ban Ferdinánd főherczeg személyesen átvette az addig gyámulag kormányzott Stájerországot. Ez a jezsuiták nevelte fejedelem, ki Lorettóban a szent szűzre megesküdött, hogy a protestantizmust országából gyökeresen kiirtja, alig hogy megérkezett, a protestánsok üldözéséhez azonnal hozzá is fogott.

Kepler parancsot kapott, hogy az országot 24 óra alatt halál-büntetés terhe alatt hagyja el. Kepler 1598-ban Magyarországra menekült, hol a vallási zaklatások elől magát biztosítottnak érezte. Zehentmaier 1598 nov. 15-én ezeket írta Kepler-nek: "Azelőtt szándékom volt, hogy néhány egyházi férfiúval Magyarországon meglátogassalak... Örvendek, hogy te Magyarországból menedéklel alapján mint gráci ember mentél vissza, különben a főherczeg véleménye szerint is, téged soha sem számítottak a kiűzöttek közé.

Kepler-nek magyarországi tartózkodásáról csak annyit tudhattam meg, hogy egy alkalommal nagy veszélyben forgott. Ugyanis Rhumelius Konrád János 1604. okt. 23-án (midőn tehát Kepler már Prágában volt) Szenczi Molnár Albert-hez intézett levelében a következőket írta: - "Örülök, hogy a weili Kepler János császári matematikusnak hajlékát veszed igénybe. Üdvözlöd nevében a szeretett férfiút, kivel Tübingában a doktorátusom ünnepélyes vendégségén baráti örök hűséget fogadtam. Már elveszettnek hi-

vém. Nem tudom honnét vettem hírét, hogy midőn Gráczból ellenségei elől menekült, a Dunában a halak martalékává lett. Nagyon sajnáltam a lángeszű költő és matematikus elvesztét, sőt meg is könnyeztem. Most hallván, hogy él, újra föléledek."

Az az állítás, hogy Kepler a Szenczi Molnár Albert házában tartózkodott volna, téves, mert Molnár 1597 óta Heidelbergben volt, s csak 1600-ban tért a hazájába.

Miként a Zehentmaier leveléből kitűnik, befolyásos férfiak közbenjárására Kepler-nek megengedtetett, hogy rövid száműzetése után már 1598 végén visszatérhessen Stájerországba, hol egypár évig hivatalától megfosztva, visszavonultan élt. Ebben az időben különösen a dioptrikával és az ekliptika ferdeségével foglalkozott s a mágneses vonzás törvényeit kutatta. A fizetése kijárt ugyan, de a protestánsok folytonos üldöztetése és a jezsuiták incselkedései helyzetét mindinkább súlyossá tették. A jezsuiták szerették volna őt a



katholikus hitre téríteni, s e tervükkel később sem hagytak föl. Aquaviva jezsuita generális VIII. Gergely pápánál rendjének azt a jogot esz- közölte ki, hogy tekintélyes férfiaknak megengedhesse, hogy magukat nyilvánosan protestánsoknak vallják, de titokban katolikusok legyenek. E jogot Kepler-rel szemben is föl akarták használni, de Kepler ezt a kétszínű játékot kereken visszautasította.

Midőn Kepler protestáns hitsorsaihoz nyílt vigasztaló leveleket irt, a jezsuiták ingerültsége a tetőpontra hágott: fizetésétől és a visszatérése alkalmával kapott menedéklevelétől megfosztották s meghagyták neki, hogy a neje birtokait 14 nap alatt vagy adja el, vagy pedig adja bérbe. E parancs villámcsapás volt a neje nézve. Kepler a bérbeadást választotta, de nagyon csekély árendát kapott, s annak is a tizedrészét a fiskusnak kellett átengednie.

Kepler-nek az országot mindenkorra el kellett hagynia. Szorult helyzetében hazájában kért álló-

mást, de kérelme visszautasított. Ekkor Tycho, ki 1599-ben már II. Rudolf császár szolgálatában állott, a Kepler sorsáról értesülvén, őt magához hívta Prágába.

Mivel a Tycho közbenjárása Kepler további sorsára döntő befolyással volt, helyén lesz, hogy itt Tycho-val is kevésbé megismerkedjünk.

Tycho Brahe egy nagyhírű ősnemes svéd család sarjadéka, 1546-ban Kundstorpban, a Dán királysághoz tartozó Schonen tartomány egyik helységében született; Kopenhágában és Lipcsében a jogot tanulta. Az asztronómia iránt különös hajlamot érezvén, hogy magát e szakban kiképezhesse, tanulmányainak befejezte után Németországban maradt, s mikor már hírnévre tett szert, II. Frigyes dán király őt igen kedvező föltételek mellett hazájába visszahívta. Itt a Tycho vezetése alatt álló Uranienborg nevű csillagvizsgáló intézet csakhamar nagyhírűvé vált. Azonban II. Frigyesnek 1597-ben bekövetkezett halála után Tycho irigyei IV. Keresztély dán királynál

oda vitték a dolgokat, hogy Tycho jövedelmeitől megfosztatott, minél fogva 21 évi fáradhatatlan tevékenység után csillagvizsgálóját oda kellett hagynia. Ekkor II. Rudolf császárhoz fordult, kivel Regensburgban ismerkedett meg, s aki őt kedvező föltételek mellett szolgálatába fogadta.

Tycho már előbb megismertette az ő világrendszerét, idevonatkozó főmunkája 1588-ban *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis* cím alatt jelent meg. A Tycho rendszere szerint a bolygók, miként a Kopernikus rendszerében, a Nap körül keringenek ugyan, de aztán a Nap a bolygókkal együtt a föld körül kering. Tycho azt hitte, hogy a Kopernikus rendszerét javította, a mennyiben a biblia kívánalmainak is eleget tett.

Tycho a legpontosabb észlelő volt mindazon csillagászok között, kiknek működése a távcsövek föltalálása előtti időszakba esik. Számos tévedései daczára az asztronomiát igen fontos észleletekkel gazdagította, s ez észleletek nagy része

a Kepler kezei között a legszebb fölfedezések kútforrásává vált.

Kepler a Tycho sürgető fölhívásainak engedve, 1600-ban Csehországba utazott. A császár megígérte neki, hogy stájerországi fizetését ismét folyóvá tétetni s évenként még száz forinttal megtoldani fogja. De a császár zilált pénzviszonyai s méginkább a Tycho uraskodó és gőgös magaviselete a Kepler helyzetét kellemessé egyáltalában nem tették. Igaz ugyan, hogy a Tycho közbenjárására császári matematikussá neveztetett ki, valósággal azonban csak a Tycho számolója maradt. Igazán bizalmas viszony sohasem fejlődött ki közöttük.

Hogy a császár Tycho mellett az ennél sokkal tehetségesebb Kepler-t kevésbé vette figyelembe, ezt érteni fogjuk, ha tekintetbe vesszük, hogy Tycho nem csak csillagász, hanem még asztrológus és alchimista is volt, már pedig a császárnak tulajdonképpen ezek voltak a kedves tárgyai.

Tycho már 1601. okt. 24-én meghalt s mint császári csillagász Kepler lépett a helyébe. Kepler elég szerény volt, hogy Tycho-nak 3600 forintnyi fizetése helyett csak 1500 forintot kérjen, de az állami pénztárak teljesen ki voltak merülve, minélfogva ezt a fizetést is csak rendetlenül, és teljesen soha sem kapta meg. "Egész napokon át, írja Kepler, az udvari kamrában állok, tanulmányokat alig tehetek. De avval a gondolattal vigasztalom magamat, hogy nem csupán a császárnak, hanem az egész emberi nemnek szolgálók; hogy nem csak a jelenlegi generációnak, hanem az utókornak is dolgozom."

Kepler végre oly inséges helyzetbe jutott, hogy bármint gyűlölte is az asztrológiát - prognosztikumokkal ellátott kalendáriumokat kellett írnia! De buzgalmát semmi sem törte meg. Páratlan buzgalommal dolgozott a rudolphini tabellákon; melyeket már Tycho kezdett meg, s melyek a Reinhold (1511-1553) hibás tábláit jókkal valának pótolandók. S míg Európa népei a vallási gyűlölet és a lázadás tüzétől hevítve egymást öl-

dökölték, addig Kepler az éj csendjében a csillagok járását s az ég mechanikáját fürkészte. Ez időtájban fődözte föl a róla nevezett törvények elsejét és másodikát, melyeket *Astronomia nova aitiológētosēu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis ex observationibus Tychonis Brahe, Praegae, 1609*, című művében ismertetett.

II. Rudolf halála (1612) után Mátyás császár Kepler-t mint udvari csillagászt állomásában megerősítette ugyan, de a fizetés most még rendetlenebbül járt ki mint azelőtt. Kepler-t családi bajok nem kevésbé sujtották. Neje a stájerországi protestánsok kemény üldöztetése által összes vagyonát elveszíté, rokonai és testvérei elűzettek és segély nélkül idegen országokban bolyongtak. Az e fölött érzett keserv s a mindennapi kenyér gondjai a bőséghez szokott gyengéd nőnek testét és lelkét egyaránt megtörték; mikor Rudolf saját csapatai elmaradt zsoldjukért kárpótlás fejében a városban fosztogattak és gyilkoltak, a gyenge nő nehézkórba esett, mely baj örültségbe ment át,

míg végre 1611-ben a halál őt kínjaitól megszabadította.

Mivel a Kepler fizetésének hátralékai már jelentékeny összegre rúgtak, a császár nagyon szívesen beleegyezett, hogy udvari csillagásza az osztrák rendek által följánlott tanári állomást a linczi gimnáziumnál elfogadhassa, Kepler 13 évig maradt Linczbén, de itteni tartózkodását is számtalan baj keseríté. Először a papokkal gyűlt meg a baja, mert ezek nem akarták őt az Úr vacsorájában részesíteni. Kepler nem akarta a formula concordiae-t és a de omnipraesentia carnis Christi verbo unitae cikkelyt aláírni! Mint udvari csillagász, mely rangját Linczbén is megtartotta, folyton sürgette a járandóságainak kifizetését, a mi szintén nem tartozott a kellemes foglalkozások közé.

Kepler 1613-ban a császárt a regensburgi országgyűlésre kísérte, hogy itt a kalendáriumi ügyek rendezésében közreműködjék. Ugyanis a protestánsok a XIII. Gergely naptárjavítása által

a vallásukat veszélyeztetettnek képzelték; Kepler azon volt, hogy aggodalmaikat eloszlassa, de sok eredményt nem érhetett el, mert a rendek őt előzékenység helyett visszataszító gyűlölettel fogadták, s a zavar tovább tartott. Kepler a kalendáriumi ügyben egy *Dialogus de calendario gregoriano etc.* című iratot szerkesztett.

Szerencsésebb volt ugyan ebben az évben, midőn a nyájas és szellemes Rettinger (Reutinger) Zsuzsánnában, ki házánál gyermekeit előbb mint nevelőné gondozta, második feleségre talált. De családi örömei, melyeket különben hosszasabban sohasem élvezhetett, most sem tartottak sokáig. Ugyanis ebbe az időbe esik anyjának üldöztetése. A babona és fanatizmus által fölizgatott nép anyját boszorkánynak tartotta; Kepler kétszer mentette meg őt a kőpad és máglya veszedelmétől, de harmadszor is bevádoltatott, míg 1622-ben a halál üldöztetései véget vetett. Kepler-nek ez időtájban írt levelei történelmi nevezetességre emelkedtek; ezek az első iratok, melyekben a ba-



bonaságok s ezek terjesztői észszerűen támadtattak meg.

E családi bajokhoz járultak a népfölkelések, az erőszakos államalakulások s a politikai és vallási viszályoknak mindenféle nemei. De Kepler filozófiai nyugalmát nem veszíté el. Linczbén találta fel harmadik nagy törvényét s itt fejezte be s adta ki nagyhírű két munkáját: *Epitome astronomiae copernicanae*, Lincii, 1618; *Harmonices mundi Libri V*. Lincii, 1619.

Az utóbbi művét I. Jakab angol királynak ajánlotta, hála fejében, a miért őt Londonba hívta. Kepler e meghívást hazafiságból nem fogadta el.

1619-ben, midőn II. Ferdinánd lépett a császári trónra, Kepler-re nézve a sanyarúságok új korszaka kezdődött. Protestáns létére elvesztette hivatalát, melyet mint császári matematikus és csillagász viselt; hazájában pedig tudni sem akartak felőle. Neje és gyermekei nyomasztó szükségét szenvedtek, és Kepler nem segíthetett rajtuk! A bizonytalanság kínjait egy álló évig kellett tűr-

nie, míg végre a császári udvarnál levő jóakaróinak sikerült, hogy állásába visszahelyeztessék.

Kepler most új buzgalommal látott a rudolfini tabellákhoz. Az általa feltalált három törvény a Kopernikus tanának érvényességét végleg eldöntötte, minélfogva a tabelláknak a még Tycho rendszere alapján kidolgozott részeit gyökerestől át kellett alakítania. Ezt a munkát a Németországban éppen akkoriban ismeretessé vált logaritmusok segítségével három év alatt hajtotta végre.

Mivel Napier, a logaritmusok föltalálója, tábláit közrebocsátotta, a nélkül hogy a logaritmusok elméletét kifejtette volna: Kepler indíttatva érezte magát, hogy 1624-ben maga is egy kis táblát (*Chilias logarithmorum*) adjon ki; e táblában kifejtette azt az elméletet is, melyen a logaritmusok kiszámítása alapszik.

1624. okt. havában Bécsbe utazott, hogy a császár által fizetést és nyomtatási költségeket utalványoztasson; azonban csak egy 6000 forintos utalványt kapott. Ez az összeg, mely Nürnberg,

Kempton és Memmingen városokra volt kivetve, alig lett volna elég, hogy segédjeinek hátralevő zsoldját kifizethesse, a tabellák kinyomtatására pedig semmi sem maradt volna. De Kepler még ezt az összeget sem kapta meg, mert a dúsgazdag Nürnberg semmit sem fizetett, Kempton és Memmingen pedig a rájukeső összegnek csak egy részét fizették ki.

Mindazonáltal Kepler a tabellákat a saját költségeire kezdte kinyomtatni, de a Linczből kitört háborgások miatt a nyomtatás csakhamar félbeszakadt. Kepler a császár engedelmével családosul elment Linczből; mert Ferdinánd uralkodása alatt a protestánsok mindinkább növekedő üldözése miatt magát és családját biztosnak nem érzé. Családját Regensburgban hagyva, a számtipusokkal, melyeket a tabellákhoz öntetett, Ulmba ment.

Végre 1627-ben mégis csak megjelentek a tabellák: *Tabulae Rudolphinae totius astronomicae scientiae a Tychone Braheo primum conceptae*,

continuatae et absolutae, Ulmae, 1627, fol. (ezekhez Bartsch-tól appendix, Sagan, 1682; új kiadás, Strassburg, 1700.) Ez a nagyszerű mű Tycho 20 évi észleleteinek és Kepler 26 évi számításának és vizsgálatainak eredményeit foglalta magában.

Kepler nem tartotta tanácsosnak, hogy Ausztriába visszatérjen, de mivel a még ki nem fizetett zsoldja 1200 forintra rúgott, a császárt folyton zaklatta. Hogy ez az alkalmatlan hitelezőtől megszabaduljon, a Kepler folyó fizetését és hátralevő követeléseit a Wallenstein-nak adományozott mecklenburgi herczegsége rőttá föl.

Wallenstein, ki az asztronómiának s még inkább az asztrológiának nagy barátja volt, szívesen fogadta a császár rendeletét és Kepler-t Szi-léziába, Saganba hívta. Kezdetben jó viszonyban voltak; Wallenstein a Kepler számára könyvnyomtatót is rendeztetett be. De mivel Kepler nem akart a Wallenstein asztrológiai kedvtöltéseinek eleget tenni s járandóságait erélyesen kö-

vetelte, az utóbbi úgy akart megszabadulni a rá nézve terhes Kepler-től, hogy a rostocki akadémiai tanácsra ráparancsolt, hogy Kepler-t a matematikai tanszékre hívja meg. A tanács engedelmeskedett, de Kepler nem akarta jogos követeléseit a keveset jövedelmező tanszékkal fölcserélni, s a diplomáiról híres város elesett attól a di csőstől, hogy a nevezetes férfiút valaha falai közé fogadhatta volna.

Kepler jogainak érvényesítésére más módot nem találván, 1630-ban Regensburgba, a birodalmi gyűlés elé indult. A kilátások bizonytalansága s régibb betegeskedés szomorú hangulatba ejtették a sok megpróbáltatást szenvedett, de máskülönben víg kedélyű férfiút. November 9-én tartotta bevonulását a mozgalmas városba. De a gyűlésnek, mely a császártól azt követelte, hogy Wallenstein-t a császári csapatok fölötti parancsnokságától foszsa meg, a legkisebb gondja is nagyobb volt a Kepler bajánál. A lóháton megtett 100 mérföldnyi út fáradalmai és a nélkülözések Kepler-t most testileg is ellankasztották; forró

lázba esett s pár nap múlva, nov. 15-én, e bajnak áldozatává lett.

Az a férfiú, kit az emberi nem büszkeségének vallhat, 22 tallért, egy kabátot, két inget, ephe-meridáiból 57, s tabelláiból 16 példányt hagyott hátra.

Kepler a szt. Péter-temetőben, Regensburg falain kívül temettetett el. Sírkövére, melyet barátai emeltettek, az önmaga szerzette következő sírirat volt vésvé:

Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras;

Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.

Nyugvó helye nem vala enyhébb mint az élete. Sírját már két év múlva, midőn Bernát szász-weimári herczeg Regensburgot bevette, a fölrobantott bástyák eltemették, elannyira hogy 1786-ban, midőn Ostertag regensburgi tanár emléket akart állíttatni, a sírt alig lehetett föltalálni. Az Ostertag terve különben sem valósúlt meg. Csak

ujabb időkben emlékeztek meg a meg nem érdemlett sorsban részesült erekyéről. Dalberg Károly regensburgi érsek 1808-ban a sétatérre változtatott bástyákon méltó emléket állíttatott neki. A nyolcz dóri oszlopon nyugvó csarnok kupolája alatt az állatöv pompázik s Kepler mellszobra ol-társzerű emelvényen áll, "Kepler" aláírással; a szobor alatt basreliefben géniusza levonja Uránia arczáról a fátyolt. Ha Kepler élteben ama pénz birtokában lett volna, melybe ez az emlék került, a tudomány nagy hasznára talán még néhány évig élhetett volna.

Kepler élettörténetének leggazdagabb forrása az ő nagy kiterjedésű levelezése. Ide tartozik az *Epistolae J. Kepleri et M. Berneggeri mutuae*, Argentorati, 1672. című gyűjtemény, mely Kepler-nek 40 levelét tartalmazza. Bernegger (Berncker) Mátyás a strassburgi egyetemen a történelem tanára, a mint a levelek mutatják, Kepler-nek benső barátja volt. A Hansch által kiadott *Epistolae mutuae J. Kepleri aliorumque*, 1718. című gyűjtemény 484 levélből áll, melyek közül 77

Kepler-től való. Kepler örökösei a hátrahagyott kéziratokat Hevel danzigi csillagásznak adták el: később Hansch e kéziratokat 100 forintért megvette s ki akarta adni, mely célra a bécsi udvartól 4000 forintot kapott. Azonban a Hansch vállalata pártfogás hiánya miatt nem sikerülhetett s csak az említett *Epistolae mutuae* jelentek meg. Hansch, ki 1748-ban nagyon szorult körülmények között halt ki, a Kepler hagyatékát egy frankfurti kereskedőnél 828 forintért zálogba tette. A kéziratokat Murr fedezte föl, de azokat kiváltani még a berlini akadémia és a göttingai egyetem sem akarta. 1774-ben Katalin orosz császárnő megvette azokat és a szentpétervári akadémiának ajándékozta. A müncheni archivumban s a Wallenstein iratai között is találtak néhány levelet, s Breitschwert Kepler-nek Mästlin-hez intézett 31 levelét találta föl.

Kepler összes munkáit leveleivel együtt Frisch adta ki: *J. Kepleri Opera omnia*, Francof. 1858-1871, 8 vol., 8o.



## II. Kepler asztronómiája

Kepler nem keresett hipotéziseket, melyekkel a tünemények kimagyarázhatók volnának, hanem valóságos törvényeket. Innét van, hogy a Kepler művei matematikai jelleműek; az antik matematika gyümölcseit ő aratta először. A kúpszeletek, miután évszázadok hosszú során át csak a matematikusban kelthettek érdeket, a Kepler fölfedezései folytán a világegyetemben kezdettek szerepelni. Kepler által az ókori tudományosság is diadalt ült, mert a Kepler művei a tudományos igazságoknak azt a szoros lánczatát tüntetik föl, melyet egy angol tudós a következő, Newton-ra nézve persze kissé hizelgő szavakban fejezett ki: "kúpszeletek nélkül nem lett volna Kepler, Kepler nélkül nem volna Newton és Newton nélkül nem volna modern tudomány."

A Kepler asztronómiai tudománya kinematikai jellemű. Az ég kinematikájának ő a megalapítója. De a mozgások okainak kifürkészése - bármily közel járt legyen a dolog velejéhez - neki még

nem sikerült; az ő kora még nem volt szokva ahhoz, hogy a mechanikai tüneményekben ezek magvát, a tömeget és az erőt, számításba hozza. Mikor Kepler az ő törvényeit föltalálta, a Galilei tanai Németországban még ismeretlenek valának. Ha Kepler azokat ismerte volna, a gravitáció törvényének dicsőségét Newton elől bizonyára elragadta volna.

Mästlin megnyerte Kepler-t a Kopernikus tanának, melynek szellemében első munkáját, a már említett Prodomust írta. E művében arra törekedett, hogy mindazt, a mit Kopernikus a bolygók távolságairól és mozgásairól mondott, szabályszerű törvényekkel összefüggésbe hozza. Kepler, támaszkodva ama plátói gondolatra, hogy az isten a világot geometriai törvények szerint alkotta, az ilyen törvények lételéről meg volt győződve.

Hosszas fáradozás után végre a következő tételt állította fel: Képzeljünk hat egymásba zárt koncentrikus gömböt; a gömbök között levő te-

rekbe írjuk az öt szabályos testet a következő sorrendben: oktaéder, ikozaéder, dodekaéder, tetraéder, hexaéder; még pedig oly formán, hogy ezek csúcsaikkal és határlapjaikkal két-két szomszédos gömböt kívül és belül érintsenek. A gömböknek átmérői képviselik az akkor ismert bolygóknak a Naptól való viszonylagos távolságait.

E törvényből, melynek felállítására Kepler bizonyára a bolygók száma által vezéreltetett, s mely törvény, ha állana, bizonyára egyike volna a legcsodálatosabbaknak, kitűnik, hogy meg volt benne az a pythagoréusi hajlam, mely a testek világában előforduló tüneteményeket a szám- és térvizonyokkal rejtélyes összefüggésbe hozta. A távolság-vizonyok megállapítását azóta többen kísérlték meg, a nélkül, hogy kielégítő eredményre jutottak volna. Kepler-é az érdem, hogy e feladat megfejtésére az első kísérletet tette, s bár az ő törvénye a valóságnak épen nem felel meg, szabatos meghatározásokra való törekvését s egyszersmind fogalmainak eszthetikai szépségét fényesen feltűntette.

A Prodromus-ban előfordul a következő nevezetes hely, melyet Kepler a Kopernikus ellenfeleire alkalmazott: "A legélesebb bárd is alkalmatlanná válik a favágásra, ha vasra ütünk vele".

A Prodromus csak előfutója volt ama nagyszerű fölfedezéseknek, melyek Kepler három törvényé-nek neveztetnek. E törvények az égi testek mozgásának alaptörvényei.

Kepler az első törvényt, mely azt mondja, hogy a bolygók ellipszisekben mozognak, melyeknek egyik gyújtópontjában a Nap áll, a Mars bolygón tett megfigyeléseiből vezette le. Arra a gondolatra jött, hogy az eme bolygó körmozgásában levő rendetlenségek talán épen onnét erednek, hogy Kopernikus-nak az a föltevése, mely szerint a bolygók körökben mozognak, helytelen. Megpróbálta tehát, hogy mi jönne ki, ha a pályát ellipszisznek venné, s a Napot annak egyik gyújtópontjába helyezné. Az eredmény az volt, hogy a rendetlenségek egyszerre eltűntek, s helyüket a legszebb harmónia foglalta el.

A második törvény, mely szerint "a Naptól a Marsig húzott egyenes vonal eme bolygó mozgása közben egyenlő időkből mindig egyenlő téreket fut meg", most már csakhamar fel volt találva. Kepler az Astronomia nova-ban a Marsról, mozgása látszólagos rendetlenségeire célozva, úgy beszél, mint egy ellenségről, melyet a csillagászok sokáig nem értettek, de most a győzőnek hűségese alattvalójává lett.

A harmadik, a legszebb, s elvi következményeiben a legfontosabb törvény, melyet Kepler a Harmonices mundi-ban tett közzé, azt mondja, hogy "egészen bizonyos és igaz, miszerint a bolygók keringései időinek négyzetei úgy viszonylanak egymáshoz, miként pályáiknak vagy pályáik középtávolságainak köbei" Az első törvényt a Marsnak köszönhetjük, mert az akkori-ban még kevésbé megfigyelt Merkúr után Marsnak van a legnagyobb excentricitása. Az első törvény pedig a másik kettőnek feltalálását vont maga után. E rendkívüli szorgalommal és fáradtsággal levezetett három törvény az ércznél és kő-

nél hangosabban hirdeti Kepler szellemének nagyságát.

A bolygók napkörüli keringésének okait Kepler nem ismerte ugyan, de a nehézségi erőről tisztább fogalmai voltak, mint bárkinek ő előtt. Az apály és dagály tünetényeit a Hold vonzó erejének tulajdonította. Továbbá azt állította, hogy a vonzó erő, épen úgy mint a fény, a távolság növekedtével fogyatkozik; végre azt mondta, hogy ha a világűrben valahol két kő volna, ezek egymásra esnének, s oly pontban találkoznának, melynek a kövek kezdeti helyzetektől való távolságai a kövek tömegeivel fordított viszonyban volnának. Látjuk tehát, hogy mily közel járt a gravitáció törvényéhez. Hogy a Föld a Napra esni törekszik, ezt Kepler belátta, hanem hogy a Föld a Nap körül keringjen is, ehhez persze a Nap vonzó erején kívül még érintői erő is kell, s ez erőnek fölvétele a tehetetlenség teljes törvényét nem ismerő Kepler-nek oly nehézségeket okozott, hogy ő az Epitome astronomiae- és a Harmonices mundi-ban helyesebb nézetei mellő-

zésével a Nap mágneses erejéről beszél. Ez az erő, a Napnak saját tengelye körüli forgásával kombinálva, a bolygók napköri keringését eredményezi. Kepler tehát a Nap tengelykörüli forgását föltételezte, még mielőtt e forgás a napfoltok feltalálása által konstatáltatott volna. A dologban a legkülönösebb az, hogy Kepler a Nap forgását tudtán kívül feltalálta, mert még a távcsövek ismerete előtt, 1607. május 28-án a Napon egy mozgó foltot vett észre, de ezt a Nap előtt haladó Merkurnak tartotta.

Kepler-nek a tehetetlenség törvényéről, legalább részben, tiszta fogalmai voltak, mert tudta, hogy a nyugvó test magától el nem indulhat; de a törvénynek második része, mely azt mondja, hogy a mozgó test magától megállani és irányát megváltoztatni nem képes, előtte ismeretlen volt. A törvénynek ezt a kiegészítését, mint tudjuk, Galilei-nek köszönhetjük. A tehetetlenség teljes törvényének nem ismerése miatt Kepler nem volt képes felfogni, hogy a bolygók miért tartják meg sebességüket, minélfogva a helyett, hogy azt ke-

reste volna, hogy mily okból keringenek a bolygók a Nap körül, inkább azt fürkészte, hogy egyáltalában miért mozognak. Ez pedig olyan feladat, melynek megfejtését még jelenleg is várjuk.

Kepler-nek asztronómiai legfontosabb fölfedezéseit elmondván, lássuk fizikai vizsgálatait.

III. Kepler fizikai vizsgálatai. - A messzelátók története.

Kepler-nek fizikai vizsgálatai, bár kevésbé fontosak, teljesen elegendők arra, hogy szerzőjüket a kiváló fizikusok sorába helyezték.

Kepler a dioptrikában úttörő volt. Vizsgálataival az egész optikának nagy impulzust adott, s munkái a távcsövek tökéletesítésére igen nagy befolyással voltak.

1604-ben jelent meg Kepler-nek optikai első munkája: *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur*. Ez a munka a sugártöréssel általában, s annak többrendbeli tünteményeivel foglalkozik.



E műből kitűnik, hogy Kepler a fényt a világitó testből kiinduló olyan anyagias áramlásnak tartotta, mely a sűrű testeket nehezebben járja át mint az üres tért; a testek anyagi részecskéi között levő hézagok rendetlen elhelyezkedése az átlátszatlanságot okozza. A hő maga nem anyag, hanem csak a fénynek bizonyos tulajdonsága.

A Vitello törési tábláit gondosan megvizsgálván, azt találta, hogy a törés a beesési szögekkel erősebb arányban növekszik, de a törés valódi törvényét nem találta föl. Észleletei alapján továbbá megmutatta, hogy miként töretnek a sugarak, midőn az üres térből a földi légkörbe hatolnak, s arra az eredményre jutott, hogy a sugártörés csak a zenithben, s nem  $45^\circ$  magasságban, mint ezt Tycho föltette, enyészik el.

Kepler a látás elméletét igen helyes elvekkel gazdagította. Az által hogy megmutatta, hogy a látásnak tulajdonképeni szerve az ideghártya s a szem többi részei csak mintegy a szem mecha-

nizmusához tartoznak, sok helyes következtetésre jutott.

Maurolycus azért nem merte az ideghártyát a látás szervének tekinteni, mert arra fordított kép esik, tehát a tárgyakat is fordítva kellene látni!

Maurolycus és Porta föltették, hogy a látott testek minden egyes pontjából csak egy-egy fénysugár indul ki; ellenben Kepler szerint minden egyes pontból egy fénykúp indul ki, mely kúpnak az alapja a pupilla. Ez a fénykúp a szemlencse által egy az ideghártyára eső pontba gyűjtetik össze, s a tárgyból kiinduló valamennyi fénykúp egyidejű megtörése által fordított kép keletkezik. Azonban az egyenes látásról kielégítő magyarázatot nem adott.

A rövid- és messzelátás okait, s e bajoknak lencsékkel való orvoslását Kepler egészen helyesen magyarázta, holott ez a tárgy Maurolycus előtt még homályos volt. A rövidlátó szemnél, mondja Kepler, a tárgy minden egyes pontjához tartozó sugarak az üvegnedven belül metszik

egymást, s a metszési pontjaikon túl kúpalakúlag ismét szétterülnek, s ennél fogva az ideghártyán fénypont helyett fénykört adnak. Ugyanez történik a messzelátó szemnél, mely nem töri a sugarakat eléggé erősen, minél fogva a csúcsaik az ideghártya mögé esnek.

A szem alkalmazkodó képességét, melynél fogva a közel és messzefekvő tárgyakat egyaránt tisztán látjuk, helyesen fogta fel, s magyarázatai fizikai, azaz elvi szempontból helyesek, csak-hogy a valóságnak nem felelnek meg. Ugyanis Kepler szerint két eset lehetséges: először az ideghártya kitágul vagy összehúzódik s ez által a kristálylencséhez közeledik vagy ettől távolodik, vagy pedig másodszor, maga a kristálylencse közeledik az ideghártyához, vagy pedig ettől távolodik. Kepler mind a két esetet egyaránt lehetségesnek tartotta.

A kristálylencse hatásait elméletileg megállapítandó, megvizsgálta az üveg- és vízgömbök okozta sugártörést, azonban gyújtó pontok he-

lyett gyújtó vonalakat talált, miből azt következ-  
tette, hogy a kristálylencse gömbi felületek által  
határolva nem lehet, s ebből ismét azt a tanúlsá-  
got merítette, hogy a lencsék lapjait a gömbi elté-  
rés miatt, melyet a gömbtükröknél már Roger  
Baco, a lencséknél pedig Maurolycus vett észre,  
nem gömbi felületeknek kell venni, hanem más-  
képen kell megválasztani. Kepler a hyperbolás  
felületet ajánlotta.

A Paralipomena asztronómiai optikai részében  
kifejtette, hogy a Holdnak a Nap által megvilági-  
tott sarlóját azért látjuk nagyobbnak, mint a hold-  
korong hamvas részét, mert az előbbinek erősebb  
fénye az ideghártyán szétterül. Ha a holdkorong  
elé, mondja Kepler, sötét vonalzót tartunk, akkor  
a vonalzónak a korongra eső részét keskenyebb-  
nek látjuk.

Kepler továbbá azt állította, hogy a légkör  
okozta sugártörés folytán a Napnak függélyes át-  
mérője megrövidíttetik, s ebből azt a következte-  
tést vonta, hogy a napkorong látszólagos alakja

ellipszis. A Holdnak azt a vörös fényét, melylyel fogyatkozásai alkalmával bir, a földi légkör által megtört napsugaraknak tulajdonította, mert e sugarak a Föld árnyékkúpját megrövidítik. Ez a magyarázat Arago szerint annyira szembetűnő és elégséges, hogy ahhoz Kepler óta nem sokat lehetett hozzátenni.

Kepler egyéb számos megfigyelései a holdkorong fényerősségére, a csillagok rezgő fényére, a testek színére, a fotométriára stb. vonatkoznak.

Optikai második munkája Dioptrice, Augustae Vind. 1611., címet visel. Ez a kicsiny (79 nygedrét old.) mű rendkívül tartalmas, mert magában foglalja a lencsék és távcsövek elméletét. A mű a sugártörés kísérleti meghatározásával kezdődik, Kepler az általa föltalált anaklasztikus eszközsegítségével a törési törvényt arra az esetre iparkodik lehozni, midőn a fény levegőből üvegbe megy át, de mindamellett hogy a használt eszköz nagyon egyszerű és czélszerű volt, a meghatározás csak közelítő volt. Ugyanis a törési

együtthatót, mely a beesési és törési szögek viszonyát jelenté, ha a beesési szög  $30^\circ$ -nál nem nagyobb,  $3/2$ -nek találta. Azonban e törvény a lencsék és távcsövek elméletében, hol a beesési szög  $30^\circ$ -nál úgy sem nagyobb, eléggé használható.

Kepler továbbá azt a megjegyzést tette, hogy akkor, mikor a fény sűrűbb közegből ritkábbba megy át, a törés átváltozhatik visszaverődéssé. Abból a föltevésből indult ki, hogy a fénysugarak előre és hátra ugyanazon az úton haladnak; mivel pedig, mint ezt már a Paralipomená-ban megmutatta, az üveg által megtört sugár a beesési függélyestől legfeljebb  $42^\circ$ -nyira térhet el, következik, hogy azok az üvegből kimenő sugarak, melyeknek beesési szöge  $42^\circ$ -nál nagyobb, a törő felület által befelé visszaveretnek, Kepler tehát a teljes visszaverődés felfedezője.

A munka legfontosabb része a lencsék és távcsövek elmélete. Kepler egy eddig meg nem fejthetőnek látszó feladatot oldott meg. A lencsék

okozta sugártörés meghatározására olyan jól átgondolt módszert követett, hogy okvetetlenül célhoz kellett jutnia. Először is a domború-domború lencse gyújtó-pontját határozta meg, még pedig oly formán, hogy először az előlap, azután pedig a hátlap által törött párhuzamos sugarak gyújtópontjait külön-külön kereste meg, s a nyert eredményeket kombinálta. Ezután a síkdomború lencse gyújtópontját határozta meg, de a különböző oldalú domború-domború lencsénél csak ama határokat tűzte ki, melyek között a gyújtópontnak feküdnie kell.

A távcsövek történetében a gyakorlat megelőzte az elméletet. Majdnem bizonyos, hogy a távcső feltalálói a találmányukra nem elméleti, hanem gyakorlati kombinációk által vezéreltetek, bár Galilei azt állította, hogy első távcsövét elméleti elvek alapján állította össze. Azonban a távcső már Galilei előtt találatott fel.

Kepler megállapította a hollandi távcső elméletét, de ennél jóval fontosabb eredeti találmánya

a csillagászati, vagy pedig a róla elnevezett távcső. Ennek mind a szem-, mind pedig a tárgylencséje domború-domború lencse, s a hollandi távcső fölött, mindamellett hogy fordított képeket ad, különösen az asztronómiai megfigyeléseknél, tetemes előnyei vannak. E távcsőnek sokkal nagyobb látómezeje van, mint a hollandinak, s mivel a tárgylencse valódi képet ad, e kép helyén kifeszíthetünk egy fonálkeresztet, melyet a szemlencse segítségével a tárgy képével egyszerre látunk, s ez által képesek vagyunk a látott tárgyak egyes pontjait fiksálni.

E távcső feltalálására - mint ezt már az előzményekből tudjuk - az út már régóta elő volt készítve. Hogy ki a távcső tulajdonképeni feltalálója, ezt eldönteni alig lehet; a távcsövekkel is úgy vagyunk; mint sok más gyakorlatilag fontos találmánnyal; az eszköz primitív alkotórészeinek kombinációjával sokan foglalkoztak, míg végre a tökéletes eszköz jött létre.



Ha a távcsövekre vonatkozó történelmi adatokat kellőképpen egybevetjük, kiderül, hogy a távcsövek legrégibb hazájául Hollandiát kell tekintenünk. Nevezetesen Lippershey (meghalt 1619.) middelburgi szemüveg-csináló 1608-ban készítette az első (hollandi) távcsövet, melynek lencségei hegyi kristályból valának csiszolva. Adriaanszoon Jakab (másképp Metius) a távcsövet Lippersheyvel egyidejűleg találta ugyan fel, de a kivitelben elkésett. Némely adatok szerint Janszoon János s ennek fia, Zakariás, szintén részesek e találmányban, azonban valószínűbb, hogy ők inkább az összetett mikroskópot, ha nem találták is fel, de annak legalább az útját készítették elő.

Nem mulaszthatjuk el megjegyezni, hogy a csillagászati távcsövet Kepler-től függetlenül az antikopernikánus Scheiner Kristóf jezsuita, a napfoltok egyik felfedezője (született 1575-ben Waldában, Würtembergben) szintén feltalálta.

Scheiner az optika történetében különben is nevezetes szerepet játszik. Ő volt az, ki a többi

között a szemet lencsés sötét kamarának tekintette, a szem alkalmazkodó képességét a kristálylencse alakváltozásai által magyarázta s a távcsöveknel először alkalmazott fénytompítókát (színes üvegeket).

Kepler volt az első, ki szem- és tárgylencsék helyütt lencsekombinációkat használt s ez által a távcsövek tökéletesítését nagyban előmozdította. Kepler három különféle távcsövet írt le; gyakorlati fontosságuk nem volt ugyan, de arról tanúskodnak, hogy Kepler a lehető lencse-kombinációkat nagyon alaposan vizsgálta meg.

A mondottakból eléggé kitűnik, hogy Kepler-t - bár a dioptrika alaptörvényét teljes szigorúsággal fölfedeznie nem sikerült - a dioptrika megalapítójának méltán tekinthetjük. IV.

Kepler világnézlete.

Kepler nagyszámú eredeti művei munkás élettéről és ernyedetlen szorgalmáról a legfényesebben tanúskodnak. Az eddig említetteket beleért-

ve, összesen 29 munkát írt; ezek mindegyikében indukciós szigorú módszere, matematikai elméssége, kitűnő észlelő tehetsége, szellemének élénksége s a képzelet szülte kombinációk iránti hajlamai tárulnak elénk.

Ha Kepler-nek mindezen tehetségeit és hajlamait egybevetjük, szellemi életének csodálatos vonásai érthetőkké válnak. Pozitív ismereteit metafizikai okokkal, matematikai szigorú gondolkozását gazdag fantáziájának szüleményeivel kombinálta.

Az ilyen szellemi irányzatnak eredményei világnézetében nagyon jellemző formákban tárulnak fel. Kepler-nek a *Harmonices mundi*-ban előterjesztett nézetei szerint a véges világ gömbalakú, mely alak a legegyszerűbb és legtökéletesebb. A Nap a centrumban van, az álló csillagok a felületen, s a bolygók az éteres levegővel megtöltött köztérben vannak. A világ tökéletessége négy dologban rejlik: fényben, hőben, mozgásban és a mozgások harmoniájában. A Nap a világ

fényforrása és gyújtópontja meg a bolygók mozgásának oka; az álló csillagok szférája a mozgás bázisa, mert eme szférára vonatkoztatjuk a bolygók helyzeteit, s ez által jutunk az égi mozgások ismeretére. A Nap a mozgások harmoniájának középpontja, mert csak a Napon állva lehetne a bolygók harmonikus mozgásait egy pillanattal áttekinteni. A szférák zenéjében "Saturnus és Jupiter a basszust, Mars a tenort, a Föld és Venus az altot és Merkur a diskantot képviseli."

Kepler gyűlölte az asztrológiát, de az asztrológiai ábrándoktól még sem tudott egészen megszabadulni. Így például nem röstelte, hogy a Harmonices mundi-ban, harmadik híres törvénye mellett azt az állítást is közzé tegye, hogy a levegő zavaros, midőn a bolygók konjunkcióban vannak, s eső esik, ha egymástól hatvan fokra állanak el. E mellett voltak merész sejtelmek, melyeket az utókor részben teljesen igazolt; így például felállította a következő tételeket: a Nap, valamennyi bolygó és az álló csillagok tengelyeik körül forognak; a Mars és Jupiter között levő

nagy térben (melyben jelenleg 200-nál több aszteroidát ismerünk) kicsinységük miatt láthatatlan bolygók keringenek; a Saturnus és Mars körül holdak fognak fölfedeztetni. Kepler is osztozott abban a nézetben, hogy az álló csillagok mind-megannyi Napok, melyeket bolygórendszerek öveznek körül.

Azok a szabad szemmel látható üstökösök, melyek 1577 és 1607 között feltűntek (számra nézve nyolcz), továbbá új és erős fényű csillagok feltűnése és elenyészése, nemcsak a báméskodó néptömegekben, hanem még az oly fenkölt szellemű csillagászokban is, mint a milyen Kepler volt, merész kombinációkra adtak alkalmat. Kepler az üstökösöket az égi levegő termékeinek tartotta. "Valamint minden vízben, különösen a nagy tengerben, halak nőnek és uszkálnak, hogy az oczeán üresen ne maradjon, így van ez az égi levegővel is, mely magától szüli az üstökösöket."Az ég épen úgy van tele üstökösökkel, mint az oczeán halakkal.

Kepler azt hitte, hogy csak azoknak az égi testeknek van zárt vonalú pályájuk, melyeknek egyzersmind periodusos visszatérésük van. Azonban az üstökösök periodusos visszatérését, mindamelllett hogy az 1607-iki üstökös azelőtt már háromszor s azután még kétszer tért vissza, Kepler nem ismerte, minélfogva azt állította, hogy emez égi testek egyenes vonalakban mozognak.

A Földnek a többi bolygókhoz képest valami kiváltságos állapotot nem tulajdonított, sőt csatlakozott Galilei ama nézetéhez, hogy valószínűleg a Jupiteren is laknak emberek, s e felfogását a Jupiter holdjainak feltalálása nagyban megerősítette. Mert ha a Jupiteren nem volnának eszes lények, mire valók volnának a holdak? Kepler még tovább ment, mert még azt is reménylette, hogy az "égi levegőhöz illő hajókkal" majdan lehetséges lesz a Jupiternek és a Holdunknak lakóit meglátogatni. "Ki hitte volna azelőtt, mondja Kepler, hogy a nagy oczeánon épen oly biztosan lehet majd járni, mint az Ádriai-tengeren? Te-remtsetek csak hajókat és vitorlákat, melyek az

égi levegőhöz illenek: emberekben, kik a világ-  
óceánra szállani mernek, hiány nem fog lenni."

Az elősorolt kozmikus nézetek, sőt még azok is, melyek mint az imént említett, nem észleletekre, hanem csak nagyon gyenge analógiákra támaszkodtak, akkoriban nagyobb feltűnést keltettek, mint azok a szigorú törvények, melyeket Kepler fáradságos, de biztos számítások útján vezetett le. A Kepler kortársai, még Galilei-t sem véve ki, a számító asztronómiának e nagy eredményeivel még nem tudtak élni. Kepler fáradozásainak gyümölcseit csak a későbbi kor arathatta.

## GILBERT

Ha Galilei-t a modern fizika megalapítójának tekintjük, akkor eme messzire szétágazó tudománynak csak egyes, persze hogy a legfontosabb részeit tartjuk szem előtt, ha ellenben az összes fizika fejlődésére vagyunk tekintettel, azt tapasztaljuk, hogy az egyes ágaknak külön-külön olyan művelői vannak, kik épen ezekben az egyes ágakban méltán vindikálhatják maguknak a megalapító név dicsőségét.

Valamint Kepler a dioptrikát, úgy Gilbert a mágnességnek, különösen pedig a földmágnességnek és az elektromosságnak tanát alapította meg. Gilbert csak egy munkát adott ki: de ez az egy munka magában foglalja mindazokat az elemeket, melyeket az említett szakok megalapítása föltételekül megkívántak. Whewell őt a pozitív tudományok gyakorlati reformátorai közé sorolja, Barlow pedig Galilei-, Descartes- és Gassendi-vel egy rangra helyezi, ami persze, legalább az elsőre vonatkoztatva, túlságos dicséret.



William Gilbert 1540-ben az Essex grófságban fekvő Colchesterben született; életéről nagyon gyér adataink vannak. Miután az essexi kollégiumon a klasszikusokkal megismerkedett, Cambridge-be ment, hogy itt az orvosi tudományokat tanulja. Ezután magát alaposabban kiképzendő, a hazájában és külföldön többrendbeli utazást tett, s valamelyik külföldi egyetemen a doktori címet is elnyerte.

Hazájába visszatérően, Londonban telepedett meg, s csakhamar híres orvos, chemikus és fizikus hírére tett szert; 1573-ban a londoni orvosok kollégiumába is fölvetetett. Híre és tekintélye annyira nőtt, hogy Erzsébet királyné őt fényes javadalmazással udvari orvossá nevezte ki; ez állását a királyné halála után I. Jakab alatt is megtartotta.

Gilbert 1603. nov. 30-án halt meg.

Főmunkája: De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete Tellure, Physiologia nova, plurimis argumentis demonstrata, London,

1600 (Sedan. 1633, 4o) Kéziratban hátrahagyott *De mundo nostro sublunari Philosophia nova* című iratát, melyben arra törekszik, hogy az arisztotelési filozófia helyébe jobbat állítson, 1651-ben Boswell nyomatta ki Amsterdamban.

Ránk nézve az első helyen nevezett műnek van kiváló érdeke. Az egészből kitűnik, hogy Gilbert egészen tisztában volt azokkal az alapelvekkel, melyeket a fizika művelésénél szem előtt kell tartanunk; sokkal jobban tisztában volt velük, mint túlhires kortársa, a verulámi Baco, mivel, mint ez a művéből is kitűnik, sűrű érintkezésben lehetett. Galilei megcsodálta a Gilbert elmésségét, holott Baco, mindamellett hogy mindazt, mit Gilbert az elektromos tűneményekről írt, egyszerűen lemásolta, Gilbert-tel nagyon igazságtalanul bánt el.

Gilbert idejéig a mágnességhez tartozó tűnemények közül ismeretesek voltak: a deklináció általában, ennek helyi és órai változásai, továbbá a mágnesezés tűneményei. Ez ismeretekhez já-

rultak a Hartmann által föltalált inklináció (1544),továbbá Henry Gellibrand-nak (1597-1636) a tengerészeket megrémítő az az észlelete, hogy a deklináció a Földnek egy és ugyanazon pontján nagyobb időközökben is változik.

Azonban Gilbert volt az első, aki nemcsak hogy mindezeket a tüneteményeket körülményesebben ismerte, mint elődei, hanem azoknak okait is helyesen magyarázta.

Gilbert a földmágnesség feltalálója, mert szerte "a Föld maga nem egyéb, mint egy nagy mágnes" s innét ered a mágnesű állandó elhelyezkedése, mely tehát nem a vastartalmú mágneses hegyeknek vagy az égboltozatnak tulajdonítandó, mint ezt Frascatoro, Kolumbus híres kortársa hitte. Gilbert a tűnek észak felé mutató sarkát következetesen déli sarknak nevezte, ami azonban később az elnevezések használatában nagy meg hasonlásra adott alkalmat.De Gilbert a pusztá állítással nem elégedett meg; egy nagy aczélgolyót megmágnesezett, s körülötte fonálra

fölfüggesztett mágnesűt vezetett, hogy a földgömb analog hatásait megmutassa. A készüléket terellának nevezte. Kísérleteiből - még mielőtt észleleti adatok rendelkezésére állottak volna - azt következtette, hogy az inklináció a sarkok felé növekszik. E következtetést Gilbert halála után a híres Hudson (1608) és Baffin (1613) mérések által erősítették meg.

Gilbert azt hitte, hogy a Föld mágneses sarkai az asztronómiai sarkokkal összeesnek s a deklinációt avval a föltevéssel magyarázta ki, hogy a szárazföld egyenlőtlen elosztása a Föld irányító erejére zavarólag hat, minek folytán még azt is föltette, hogy az Atlanti-oczeán közepén, azaz a partoktól egyenlő távolságokban levő pontokban, a deklináció egyenlő zérussal, mert a tengert magát mágnesesnek nem tekinté. Még feltűnőbb az, hogy az inklinációból a földrajzi szélességet akarta meghatározni, holott Porta-nak hosszúságmeghatározása ellen kikelt, helyesen megjegyezvén, hogy a deklináció ugyanazon csillagászati déllő különböző pontjain különböző lehet. Gil-

bert kopernikánus volt, de a Földnek tengelyköri forgását nem tulajdonította a földmágnességnek, mint ezt némelyek állították.

Gilbert a földmágnesség irányító és vonzó erejét különböző két erőnek, s az előbbnit az északi félgömbön nagyobbnak tartotta, mert különben a vizen úszó iránytűnek az Északi sark felé kellene úsznia!

A megosztás okozta mágnességről egészen helyes és kísérletek által igazolt nézetei voltak. Tudta, hogy egy lágy vasrúdnak az a vége, mely valamely mágnessark közelében van, az utóbbival ellenkező nevű sarkká lesz, sőt hogy elégséges a lágyvasrudat, hogy mágnessé váljék, a mágneses déllő irányában tartani. Tudta továbbá, hogy az aczélrudak is mágnesekké válnak, ha azok, a mágneses déllő irányában tartva, kalapáccsal megüttetnek. Végre megmutatta, hogy a mágnesek izzítás által a mágnességüket elveszítik, de ezt ismét visszanyerik, ha a mágneses déllő irányában elhelyezve hűlnek ki.

Gilbert földmágneses elmélete, miként a gravitációé, csak az anyag mennyiségét veszi figyelembe, a nélkül, hogy az anyagok fajlagos minőségére tekintettel lett volna. Ez a körülmény a Galilei és Kepler idejében az elméletnek kozmikus jellemet kölcsönöz.

A fől sorolt dolgok Gilbert-nek még nem összes érdemei, mert kutató szelleme a fizikának egy ő előtte nem létező másik ágában, az elektromosság tanában, nem kevésbé jelentős fölfedezéseket vala létrehozandó.

Amit az ókoriak az elektromosságról tudtak, az mind csak észleletekre, még pedig durva észleletekre szorítkozott. A mileti Thales (620. K. e.), a hét görög bölcs egyike volt állítólag az első, ki fölismerte a borostyánkőnek azt a tulajdonságát, hogy megdörzsölve, könnyebb testeket magához vonzani képes. Hogy ezen kívül az eressusi Theophrastus (378- 286. K. e.) még egy olyan ásványt (lynkurion) fedezett föl, mely a borostyánkő tulajdonságaival bírt; továbbá, hogy

Plinius a megmelegített carbunculus hasonló tulajdonságát ismerte: mindez az ismeretkör tágítására a legcsekélyebb befolyással sem volt. Az égi háború és a bolygó tüzek, melyeket Plinius még a csillagok közé számított, mindamellett hogy gyakran előfordúlnak, vizsgálatokra senkit sem buzdítottak.

Az elektromosság tana Gilbert-nél kezdődik. Ő az elektromosságot különös, bár a mágnességgel rokon természeti erőnek tartotta. Gilbert szerint "nem csupán a borostyánkőnek, mely nem egyéb, mint megsűrűsödött földnedv, melyet a tenger hullámai fölvetnek s a melyben repülő rovarok, hangyák és férgek lelték sírjukat, nem csupán annak van az a tulajdonsága hogy megdörzsölve bármily természetű könnyű testeket magához vonz. A vonzó erő nagyon különböző testek egész csoportját illeti meg; ilyenek: az üveg, a kén, a pecsétviasz és mindenféle gyanták, a hegyi kristály és a drágakövek, a timsó és a kősó." Gilbert abban a nézetben volt hogy a vonzás csak dörzsölés által idézhető elő; tudta, hogy

a fémek a borostyánkő tulajdonságával nem bírnak ugyan, de elektromos testek által vonzatnak; tudta továbbá azt is, hogy a dörzsölés erősebb hatásokat szül a száraz levegőben, mint a nedvesben; hogy a selyemkendőkkel való dörzsölés a legelőnyösebb.

Az elektromos taszítást nem ismerte, sőt szerint az elektromosság épen abban különbözik a mágnességtől, hogy míg az utóbbinál taszítások is vannak, az előbbinél csak vonzások lehetnek. Épen úgy ismeretlen volt előtte a vezetők és szigetelők közötti különbség.

Gilbert nézete szerint a földgömböt elektromosság tartja össze (*globus telluris per se electricae congregatur et cohaeret*), a mit a föld-elektromosságra vonatkozó első, persze nagyon homályos nézetnek tekinthetünk.

Gilbert használja először az elektromos erő (*vis electrica*), elektromos kifolyás (*effluvia electrica*) és az elektromos vonzás (*attractio electrica*) kifejezéseket. Maga az *electricitas* és



magnetismus, mint absztrakt kifejezések, az ő iratában nem fordulnak elő. Az utóbbi kifejezések csak a XVIII-ik század óta divatosak.

Látjuk tehát, hogy az elektromosság tana nem csak tényleg, hanem névleg is Gilbert-nél kezdődik.

## STEVIN

Az utókor mindig hajlandó arra, hogy az ugyanazon a téren működő kortársak között párhuzamot vonjon, sőt a működési tér egyneműsége az összehasonlítást sokszor szükségessé is teszi. Ha Galilei-t kortársainak valamelyikével összehasonlítjuk, evvel az utóbbinak már bizonyos jelentőséget tulajdonítunk, s ha az összehasonlításból kitűnik, hogy az illetőnek szellemi irányzata Galilei úttörő tulajdonságaival rokonságban van, akkor az illetőnek tudományos jelentőségét okvetetlenül el kell ismernünk.

Stevin-ről, Galilei idősebb kortársáról pedig el lehet mondani, hogy Galilei-vel nem csak szellemi irányzata, hanem művei által is rokonságban van; el lehet mondani róla még azt is, hogy abban az esetben, ha Arhimedes után a hidrosztatika megalapítójáról még szó lehet, a megalapítás érdeme őt illeti.

Simon Stevin 1548-ban Brügge-ben született. Kezdetben tudományos pályára szánta magát, azonban a szülei elhatározása folytán tanulmányait félbenhagyta s a kereskedelmi pályára lépett. Már nagyon fiatal korában egy igen gazdag antwerpeni kereskedőnél mint könyvvezető alkalmaztatott. Később, ismeretlen okokból, ezt az állást fölcserélte egy igen szerény hivatallal a pénzügyek adminisztrációjánál.

Úgy látszik, hogy Alba herczeg kormányzósága alatt, iparral akart foglalkozni, mert szülővárosában egy eczetgyárat akart fölláttatni, mire azonban a hatóság nem adta meg az engedélyt. Stevin most arra határozta el magát, hogy a külföldön szerencsét próbálandó, vándorbothoz nyúlt. Hogy hová ment először, azt nem tudjuk; valamint nem tudhatjuk azt sem, hogy hol és mennyi ideig tartózkodott; irataiból csak annyit lehet megtudni, hogy Svéd-, Norvég-, Dán- és Lengyelországban meg kellett fordulnia, mert ezekben az országokban tett észleleteiről gyakran beszél. Feltűnő, hogy csak a protestáns országo-

kat, vagy olyanokat látogatott, melyekben a lelkiismeret szabadsága elismertetett.

Midőn hazájába visszatért, Middelburgban, a Spanyolország ellen föllázadt tartományok középpontjában ütötte föl tanyáját. Mivel magát a spanyoloknak alávetni, azaz magát ezeknek kegyelmére bízni nem akarta, a túlbuzgó katholikuskörében sok ellenséget szerzett magának. Sőt ez az ellenséges indulat még az újabb korra is átszármazott. Így például a Feller szótárának első kiadásában Stevin még előfordul, de a második kiadásból már kihagyták, hasonlóképen kihagyták a Carton és van der Putte abbék által kiadott *Biographie de la Flandre occidentale*-ből is. Stevin igazhitűsége még 1845-ben is szóba jött. Ez évben szülővárosa emlékoszlopot akart neki állítani, s a városi képviselők ósdi pártjának egyik koriféusa nem röstelte, hogy e terv ellen nyíltan agitáljon! Ebben az évben van de Weyer Stevinről röpiratot bocsátott ki, s abban a Stevin érdemeit a kellő mértéken túl emelte ki. No de ez

iratnak célja csak az volt, hogy Stevin ellenségeit elnémítsa, s ezt a célt el is érte.

Stevin 1588. február havában a leydeni egyetemre ment, ahol az általa művelt tudományokból többrendbeli tanfolyamot tartott. Egy nevezetes találmánya által a közfigyelmet is magára vonta; ugyanis összeállított egy vitorlás kocsit, melynek sebességével a lovak sem versenyezhetek. Preiresc beszéli, hogy ő maga is ment e kocsin, melylyel két óra alatt négy holl. mfd. utat lehetett megtenni. Móricz nassauai fejedelem Stevin-t e találmánya alkalmával lelkesen üdvözölte, Grotius pedig egy költeménynyel dicsőítette.

Móriczról azt is állítják, hogy Stevin tanítványa volt; annyi bizonyos, hogy eme fejedelem Stevin-t matematikusává nevezte, iránta mindig tisztelettel és elismeréssel viseltetett, legfontosabb ügyeiben tanácsát kikérte, s jelentősebb dolgainak kivitelét ő reá bízta.

Stevin 1617-ben a hadseregbe mint katonai hivatalnok lépett.

Weidler és Montuclaszerint Stevin 1633-ban Leydenben halt meg. Azonban ez az állítás valószínűleg tévedésen alapszik, a mennyiben Stevint összetévesztették francia fordítójával, Girard-al, ki abban az évben halt meg. Más források szerint Stevin 1620-ban Hágában halt meg.

Halála idejének és helyének bizonytalanságából azt következtethetjük, hogy élete utolsó éveiben a közfigyelem már nem igen lehetett reá irányulva. E körülménynek tulajdonítandó a fönmaradt életrajzi adatok csekély száma is. Stevin nagyon szerény lévén, műveiben önmagáról nagyon keveset beszél, minélfogva azok sem lehetnek élettörténetének bővebb forrásai.

Stevin a munkáit flamand nyelven írta, s különösen kifejtette azt a hasznót, melylyel a tudományoknak élő nyelveken való művelése jár. Ez az álláspontja szintén mutatja szellemi rokonságát Galilei-vel, ki, mint tudjuk, műveinek legnagyobb részét az élő olasz nyelven írta. Stevin szerint minden ember az anyanyelvén tudja ma-

gát a legjobban kifejezni, a rómaiak és görögök szintén csak anyanyelvükön írtak! Azokat, akik még jelenleg is el vannak telve avval a boldog meggyőződéssel, hogy a latin nyelv mily kitűnő szolgálatokat tehetne, ha a tudományoknak univerzális irodalmi nyelve volna, azokat már Stevin megszégyenítette.

A Stevin munkáit Girard francziára, Snell pedig latinra fordította. Összegyűjtve 1605-ben adattak ki flamand nyelven, a Stevin halála után pedig francia nyelven a következő czim alatt: Les Oeuvres mathematiques de Simon Stevin, Leyde, 1634. 6 vols. fol. Az egyes kötetek tartalma a következő: I. Arithmetika; Diophantus hat könyve; gyakorlati számtan; Euklides X. könyvének magyarázata. - II. Kozmografia. - III. Gyakorlati geometria. - IV. Statika. - V. Optika - VI. Hadi építkezés.

Látjuk, hogy Stevin tudományos tevékenysége nagyon sokoldalú volt. Arithmetikájában különösen kifejti a tizedes számrendszer hasznát. Kimu-

tatja, hogy mily nagy haszonnal járna, ha a mérték-egység és a pénzegység a tizedes rendszer szerint osztatnék föl. Ugyancsak ő használja először a tizedes törteket, csak hogy jelölési módja eltér a jelenlegitől. A tizedes jegyeket az egész szám után írja ugyan, de minden egyes jegynek rangját külön megjelöli, s a tizedes jegyeket primeknek, szekundoknak stb. nevezi. Stevin sürgetőleg ajánlotta a tizedes mértékrendszer behozatalt, ami annyival is inkább figyelemre méltó, mivel ezt az eszmét rendszerint a francziáknak tulajdonítják. Azonban Stevin változatlan és nemzetközi egységekre még nem gondolt, mert szerinte minden egyes nemzet az egységeit megtarthatná, csak a tizedes felosztást kellene behoznia.

Nem lehet célunk, hogy Stevin munkáinak igen érdekes tartalmát egész terjedelmében elemezzük, a következőkben csak statikai és hidrosztatikai vizsgálataira, mint a fizikára nézve a legérdekesebbekre fogunk szorítkozni.



Az erők egyenközényének tételét Galilei-től függetlenül találta fel. Azt állította, hogy három erő egyensúlyban van, ha irány és nagyság szerint úgy viszonylanak egymáshoz, mint egy háromszögnek az oldalai. Ha ezt a háromszöget egyenközénynyé egészítjük ki, akkor a Stevin tételét is kiegészítettük az erők egyenközényének tételévé.

Stevin tételét így bizonyította be: Képzeljünk egy vízszintes alapú háromszög körül egy zárt lánczot tekerve; ha a mondott tétel nem állana, a láncznak a háromszög körül szüntelenül forognia kellene, amit föltenni képtelenség volna. Stevin evvel tulajdonképen csak azt bizonyította be, hogy egy vízszintes alapú háromszög két oldalára tett s egymással összekötött két test egyensúlyban marad, azaz egyikük sem csúszik le, ha e testek súlyai úgy viszonylanak egymáshoz, mint a háromszög két oldala. A Stevin tétele csak statikai, amennyiben az mindig az erők egyensúlyát tartja szem előtt, holott Galilei az egyenközény

tételét az erők létrehozta mozgásokra való tekintettel állította fel.

A hidrosztatikában mindenekelőtt bebizonyította a már Archimedes által föltalált tételeket, nevezetesen, hogy egy vízbe mártott test annyit veszít súlyából, mint a mennyi a kiszorított víz súlya; hogy az úszó test által kiszorított víz súlya egyenlő a test súlyával; hogy az úszó test súlypontja és a kiszorított víztömeg képzelt súlypontja egy függélyes vonalba esnek, s hogy az állandó úszáshoz megkívántatik, hogy az utóbbi súlypont az előbbeni alatt legyen.

De új volt Stevin-nek az a tétele, mely szerint a víz gyakorolta fenéknyomás csak a vízoszlop magasságától függ, s az edény alakjától független. Ezt a tételt úgy bizonyította be, hogy különböző formájú edényeket vett, és egyenlő magasságig vízzel megtöltötte; egy mérleg egyik karjára pedig sík lapot függesztett föl, s e lapot egymás után az edényekbe, egészen a fenekükig, mártotta. Ekkor azt tapasztalta, hogy a vízbe

mártott lap fölemelésére a mérleg másik karján levő serpenyőbe mindig egyenlő súlyokat kell raknia, bármilyen alakja legyen az edénynek.

Még egyszerűbb és meggyőzőbb volt az a kísérlete, melynél egy közlekedő edénybe vizet töltött s a két szárban levő oszlopok egyenlő magasságából kimutatta a fenéknyomás egyenlőségét. Stevin a hidraulikus prés elvét is ismerte, mert azt állította, hogy egy font víz szűk csőben százezer fontnál nagyobb nyomást képes létesíteni.

Az alúlról fölfelé irányzott nyomás kimutatására és nagyságának meghatározására ugyanazt a készüléket használta, melyet e célra még jelenleg is használunk.

Végre kiszámította, hogy egy egyenközlap alakú edénynek függélyes és sima oldalfalára gyakorolt nyomás akkora, mint annak a vízhasábnak a nyomása, melynek alapja az említett oldallap, magassága pedig az edényben levő vízoszlop magasságának a fele. A Stevin számítása, melyet némely tankönyv jelenleg is felhasznál, a diffe-

rencziális számításra emlékeztet, minélfogva Weyer Stevin-t eme számítás előkészítőjének nevezi. Persze, ilyen réven Galilei, Cavalieri, Kepler s még igen sokan tarthatnak igényt az előkészítő nevére, még pedig több joggal, mint Stevin.

A Stevin érdemei igen nagyok ugyan, de a hidrosztatikai feladatoknak statikai általános elvek alapján való tárgyalása, nevezetesen a virtuális sebességek elve alapján való tárgyalása Galileinél kezdődik. Stevin levezetései inkább a számítási, mint a mechanikai elvek szempontjából van eredetiségük; hidrosztatikai módszerével lényegileg az Archimedes álláspontján maradt, minélfogva őt csak a tárgy terjedelmének bővítésére való tekintettel nevezhetjük a hidrosztatika második megalapítójának.

## SNELL

Willebrord Snell (Snellius) van Roijen, egy holland matematikusnak a fia, 1591-ben Leydenben született. Rövid életéről kevés adatunk van. Már kora ifjúságában oly buzgalommal tanulta a geometriát, hogy 17 éves korában megkísérlette az Apollonius elveszett művének (De sectione determinata) kipótlását. Ez a kísérlet, melyet Apollonius Batavus név alatt tett közé, nagyon feltűnt a tudósoknak. 19 éves korában a Ptolemaeus Almagest-jét nem csak hogy megértette, hanem magyarázni is tudta.

Snell a tanítói pályára szánta magát, de a tanítással csak akkor akart foglalkozni, midőn magát már teljesen kiképezte. E végből Francia- és Németországba utazott; három éven át a Kepler és Tycho Brahe tanítványa volt. E híres csillagászok tehetségeit fölismervén, őt nagyra becsülték, s vele sűrűn leveleztek.

Leydenbe visszatérve, az atyja lemondásával megürült matematikai tanszéket foglalta el, s ez állásában nagy buzgalmat fejtett ki. Tanítványai számára több művet akart összeállítani, de kora halála megakadályozta terve kivitelét.

Snell 1626. okt. 31-én 35 éves korában, hosszas betegeskedés után húnyt el. Neje őt csak 11 nappal élte túl. Közös sírjukat gyermekeik szép emlékekkel díszítették.

Snell-nek a legfontosabb találmányáról, a törés törvényéről írt munkája nem nyomtatott ki soha, minélfogva még kételkedni is lehet a felől, hogy valóban ő volna-e a föltaláló. S valóban akadt is egy második föltaláló Descartes személyében, ki-ről még szólni fogunk. Azonban Voss Izsák kanonok (Vossius, sz. 1618. Leydenben, megh. 1689. Windsorban) és Huyghens, a híres fizikus, azt állítják, hogy a törési törvényt tárgyaló kéz-iratot látták. Már pedig ha a Voss állításának igazságához kétség férhetne is, Huyghens-ben teljesen megbízhatunk.

A Snell sugártörési törvénye szerint a törési szög cosecansa osztva a beesési szög cosecansával ugyanarra a törő közegre nézve állandó, a beesési szög nagyságától független mennyiség. Ha a cosecansok helyett a visszás sinusokat vezetjük be, a törési törvénynek jelenleg használt alakját kapjuk. Hogy milyen elméleti elvek alapján vezette le Snell a helyes törvényt, azt, miután az idevonatkozó irat elveszett, nem tudhatjuk; ismereteink mindössze is a Huyghens által a Snellnek tulajdonított geometriai eljárásra szorítkoznak. Hogy azonban a dolgot helyesebben, vagy legalább is oly helyesen fogta föl mint Descartes, ezt nem csak az eredmény helyessége, hanem még Descartes-nak a fény lényegére vonatkozó föltevései is bizonyítják.

A sugártörés törvénye a dioptrika alaptörvénye, s bár a dioptrika más helyen előterjesztett okokból e törvény nélkül is boldogult, ez a törvény a fényelmélet további fejlődésére kiváló befolyást volt gyakorlandó. Ebben, s nem a tulaj-

donképeni dioptrikának tett szolgálataiban rejlik a törvény elméleti jelentősége.

Snell-nek második nagy érdeme, hogy ő volt az első, ki a földgömb méreteit a trianguláció segítségével meghatározta.

Már az ókoriak iparkodtak, hogy a Föld méreteiről maguknak számot adjanak. Eratosthenes (K. e. 270 körül) alexandriai könyvtárnok volt az első, aki a Föld nagyságát csillagászati elvek alapján határozta meg. Ő előtte a Föld nagyságát csak becsülték. Mintegy 200 évvel Eratosthenes után a szyriai Posidonius hasonló méréseket tett. Eme mérések tényleges eredményeit nem ismerjük, mert nem tudjuk, hogy mekkora volt a stadium, az ókoriak hosszegysége.

Ép oly kevéssé ismerjük az Al Mamum kalifa által 827-ben elrendelt arab fokmérés tényleges eredményét. Az arabok az alapvonalat tényleg megmérték, holott Eratosthenes és Posidonius csak becsülték. Az arabok a triangulációt nem ismervén, az Arab tenger melletti Singár pusztá-



ban egy foknak hosszúságát direkte mérték meg, s azt 56 arab méröldnek találták. Az arab méröld állítólag 1000 arab rőföt foglalt magában; a rőf ismét kétféle volt: királyi rőf és fekete rőf, az utóbbi egyenlő volt egy nagy néger rabszolga karjának hosszúságával. A királyi rőf állítólag 24, a fekete rőf pedig 27 hüvelykre osztatott fel; egy hüvelyk pedig hat egymás mellé rakott árpaszem hosszúságával bírt. Tehát a Földet árpaszemekkel mérték!

A Snell számításai szerint 89 árpaszem egyenlő 1 rajnai lábbal (0.161 toise) minélfogva az arab mérés szerint  $1^\circ = 38710$  toise-al.

Mintegy 90 évvel Snell előtt Jean Fernel párizsi orvos hajtott végre egy mérést. Fernel meghatározta Páris és Amiens szélességeit; a két helynek egymástól való távolságát kocsija kerekeinek forgási számából határozta meg. A hibák véletlen kompenzációja folytán e nagyon is tökéletes módszer segítségével tűrhető eredményt talált, mert Fernel szerint  $1^\circ = 57070$  toise.

Snell az ő méréseit 1615-ben Alkmar és Bergen-op-Zoom között, még pedig a trianguláció segítségével hajtotta végre s  $1^{\circ}$ -nak hosszúságát 55021 toisenak találta. E munkálatára vonatkozik Eratosthenes Batavus, Lugd. Batav. 1617. cz. műve.

Snell-nek többi művei a következők:

De re nummaria liber singularis, Antwerp. 1616; ez a régiek pénzeivel foglalkozik;

Descriptio cometae qui ann. 1618. mense novembri primum effulsit, Lugd. Bat. 1619;

Cyclometria sive de circuli dimensione, Lugd. Bat. 1621. E különben is érdekes műben a kör területét rövidebb úton számította ki mint Ludolph.

Tiphys Batavus sive de cursu navium et re navali, Lugd. Bat. 1624; inkább tudományos mint gyakorlati mű.

Halála után jelent meg: Doctrinae triangulorum canonicae etc. libri IV. Lugd. Bat. 1627.

A sugártörés törvényeinek feltalálása és a Föld méreteinek tudományos módszereken alapuló első meghatározása - egyéb érdemeitől eltekintve - elegendők arra, hogy Snell-t a kiváló fizikusok sorába helyezzük.

## GASSENDI

Gassendi-nek a természettudományok történetében kiváló szerep jutott, még pedig nem annyira az eredmények miatt, melyekkel a tudományokat tényleg gyarapította, mint inkább ama nagy befolyásánál fogva, melyet kortársaira gyakorolt. Gassendi egy személyben fizikus, matematikus, csillagász, historikus, filozófus, anatómus stb. volt, s mivel egyrésztől mindegyik szakban többkevesebb eredményt mutatott fel, másrésztől pedig leghíresebb kortársaival szoros érintkezésben volt, a tudományok fejlesztésére és terjesztésére is kiváló befolyással kellett lennie.

### I. Gassendi élete

Pierre Gassendi 1592 jan. 22-én a Digne melletti Chantersierben (Campotercium), Provenceban született. Szülei középsorsúak valának, s őt a gazdaságra szánták, de mindamellett a digne-i és aix-i iskolákba küldötték. Miután tanulmányait befejezte, visszatért családjához, melyet csakha-

mar elhagyott, mert a 16 éves ifjú, a retorikát tanítandó, Digne-be ment, hol azonban csak egy évig maradt. Miután Aix-ben még a theológiát, a görög és héber nyelvet tanulta, Avignonban doktorrá avattatott.

1616-ban Aix-ben a filozófia tanszékét nyerte el. Ez idő-tájban több jeles tudós barátságát nyerte meg, így például Preiresc-ét és Gautier-ét; az előbbeni az anatómiát, az utóbbi pedig az asztrológiát kedveltette meg vele. Hat éven át a skolasztikai filozófiát tanítván, úgy látszik, hogy avval jól is lakott, mert a peripathétikusok elleni támadásra már 1621 óta gyűjtögeté az anyagot, míg végre Baco föllépése által bátorítva, 1624-ben kiadta *Exercitationes paradoxicae adversus aristotelaeos etc.* című támadó iratát. E mű nagy feltűnést keltett és szerzőjének barátokat s ellenségeket egyaránt szerzett. A papok jónak látták, hogy Gassendi-t a tanszékről eltávolítsák s olyan helyre tegyék, ahol "csendesebben filozofálhatna". Gassendi ily módon jutott kanonikátushoz és a dignei prépostsághoz!

Gassendi ugyancsak 1624-ben ment először Párisba, hol több tudóssal megismerkedett s Mydorge társaságában asztronómiai észleleteket is tett. Innét írt Snell-nek is, hogy közölné vele az Aix, Grenoble és Digne szélességeire és hosszúságaira vonatkozó észleleteit. Egy évi tartózkodás után visszatért Provence-ba; útközben, Grenoble-ban megismerkedett Diodati-val, a Galilei barátjával. Ez alkalommal Galilei-nek levelet írt s neki művének egy példányát is megküldé.

Digneben csak a tudományokkal s papi teendőivel foglalkozva csendes életet élt; itt kapta meg a Galilei válaszát is. De már 1628-ban ismét Párisba, innét pedig, tanulmányokat teendő, Luillier-vel Hollandiába utazott, mely országban a tudósokkal összeköttetésbe lépett s a könyvtárakat és a tudományos intézeteket megvizsgálta. Olaszországot is meg akarta látogatni, de ezt a tervét soha sem hajthatta végre.

Kilencz havi utazás után Párisba visszatérve, innét több tudós társasága Henry de Gournay-t, a

francia követet, Konstantinápolyba akarta kísérni, hogy aztán onnét a többi keleti városokba is kiránduljon. De ez a szándéka sem valósult meg.

Kepler figyelmezteté a csillagászokat, hogy a Merkur és a Vénus a Nap korongja elé fognak kerülni. Gassendi volt az első, ki a Kepler által meghatározott napon, 1631. nov. 7-ikén a Merkur átvonulását észlelte; de a Vénus átvonulását, melyet Kepler ugyanazon év decz. 6-ára tűzött ki, nem látta, noha nemcsak a kijelölt időben, hanem egy pár nappal előbb is, később is szorgalmasan figyelte a Napot. Ez észleleteiről *Mercurius in Sole visus et Venus invisus*, Par. 1631 című művet írt.

A Merkur átvonulását Gassendi-n kívül még az innsbrucki Cysatus (aki két Saturnus-holdat is fölfedezett), az elsassi Quietanus, s egy ingolstadt-i Névtelen is észlelte, holott a Vénus átmenetelét csupán csak Horrox angol csillagász látta (1639. decz. 4-én).

Gassendi később, a természet tüneményeit gondosan észlelve s Epikur apológiáján dolgozva, déli Franciaországot járta be. 1636-ban Marseilleben tartózkodott. E városban a Pytheasz-leleteit (melyeket később Cassini is ismételt) igazolta, s annak Strabo és Polybius ellenében igazat adott; továbbá a Földközi tenger hidrográfiai térképét javította. E tengernek azt a hosszúságát, mely Ptolemaeus óta a mappákon szerepelt, 200 lieu-vel rövidítette meg.

Louis de Valois angoulême-i herczeg 1638-ban Provence-ba érkezvén, Gassendi-vel megismerkedett s őt benső bizalmával tüntette ki és tudományos vizsgálatainak folytatására és kiterjesztésére biztatta. Ugyanez a herczeg 1641-ben Gassendi-t ajánlotta a klerus általános ügynökévé, de Gassendi, ki a politikai üzelmek közepette csendes nyugalomát jövedelmező hivatalnál és vagyonnál többre becsülte, ezt az állomást Hugues apátnak, a vetélytársának, engedé át. Arról is volt szó, hogy Gassendi legyen XIV. Lajosnak neve-lője.



Gassendi a lyoni érseknek, a Richelieu bíbornok fivérének ajánlatára a Collège de France matematikai lektorává neveztetett ki. Mondják, hogy Gassendi ezt az állást hosszas vonakodás után csak akkor fogadta el, midőn Richelieu őt megnyugtatta az iránt, hogy az isten kétféleképen nyilatkoztatta ki magát: a szentírás és a természet által.

Gassendi-nek igen sok hallgatója volt s előadásai nagy mértékben emelték az asztronómia tekintélyét. Krisztina svéd királynővel levelezésben állott, s korának legjelesebb férfiai, ezek között III. Frigyes dán király, két pápa, több francia herceg, többször fejezték ki iránta való tiszteletüket.

Gassendi-t az előadások nagyon kifárasztották s a mellét meggyöngítették; 1655. okt. 14. rövid szenvedés után, a tudományos világ legőszintébb sajnálatára elhunyt. Gassendi áldozatul esett az akkori általános gyógyító módnak, mely mindent az érvágással akart meggyógyítani, s a melyet

Gassendi tudományos szempontból többször nyíltan kárhoztatott, Lesage és Molière pedig kevésbé tudományos módon nevetségessé iparkodtak tenni.

Gassendi-nek bronz emlékszobra Digne-ben 1852-ben lepleztetett le. A tudományoknak majdnem mindegyik ágát tárgyaló nagyszámú műveit Montmor és Sorbière gyűjtötték össze s 1658-ban Lyonban kiadták (új kiadás: Flórencz, 1728). A csillagászat történetére nézve különösen fontos a Tychonis Brahaei, Copernici, Purbachii et Regiomontani vitae, Par. 1654. cz. műve.

## II. Gassendi érdemei a fizika körül

Már említettük, hogy Gassendi nagy ellensége volt Aristoteles-nek, de aztán annál nagyobb híve volt Epikur-nak. Gassendi nem ment ugyan annyira, hogy az Epikur módjára még az istent és a lelket is atómokból tegye össze, de azért nagyon buzgó atomista volt, mert szerinte nemcsak a négy elem, hanem még a fény és a melegség és hidegség is atómokból áll, s külön-külön atómo-

kat vett föl az izlésre, a szaglásra és a hallásra! De mindez még nem jogosít fel bennünket arra, hogy Gassendi természet-nézetét föltétlenül elítéljük. Hiszen a tünetemények könnyebb kimagyarázása végett még napjainkban is, bizonyos, igaz, hogy már nagyon csekély számú hatót egyes esetekben anyagnak tekintünk, s abban az időben, midőn ez a felfogás majdnem általános volt, mert az erők mindegyik fajára kiterjesztetett, közel volt az a gondolat, hogy a különféle hatók által előidézett tünetemények a hatók atómos szerkezetéből magyaráztassanak ki.

Hogy Gassendi a korának tudományos színvonalán állott, ez kitűnik már abból is, hogy nemcsak hogy ő maga a Kopernikus tanát vallotta, hanem azt támadások ellenében sikeresen védelmezte is. Különösen élénk vitája volt kollégájával, Jean Baptiste Morin-nel, ki a párisi egyetemen a matematikát és asztronómiát tanította. Morin nyíltan föllépett a Kopernikus rendszere ellen, s az ő befolyásának tulajdonítandó, hogy kevésbe mult, miszerint a mindenható Richelieu

a római szentszéknek eme tanra kimondott átkát egész Franciaországra nézve érvényre nem emelte.

Gassendi, indítatva a Morin támadásai által, *De motu impressu a motore translato*, Parisiis, 1649. című munkáját adta ki. Morin a többi között szigorúan ragaszkodott ahhoz a már Tycho által felhozott ellenvetéshez, mely szerint valamely toronynak nyugati oldaláról leejtett kőnek a Kopernikus tana szerint nem volna szabad a torony lábához esnie, mert az esés közben a torony kelet felé haladt, tehát a kőnek nyugatra el kellene maradnia. Gassendi erre az ellenvetésre azt jegyezte meg, hogy a mozgó test a rajta levő testeknek is átadja a sebességét, s ezt az utóbbiak akkor is megtartják, ha a mozgó testről leejtetnek, földobatnak vagy elhajíttatnak s ez oknál fogva az a kő is, melyet sebesen haladó kocsiban vagy pedig lovon ülő egyén fölhajít, a kezébe esik vissza. Különben a leejtett kőre vonatkozó ellenvetést direkt kísérlettel is megdöntötte: a marseillei kikötőben egy sebesen haladó gálya

egyik árboczáról követ ejtett le, s a kő az árboczczal párhuzamosan, tehát ennek lábához esett.

Sajnos, hogy Gassendi bátorsága nem volt oly nagy, mint meggyőződése, mert a Richelieu-nek ajánlott *Institutio astronomica Parisiis*, 1645. című művében a bolygók mozgását Ptolemaeus, Tycho és Kopernikus szerint egyaránt magyarázta s bár a Kopernikus tanát ítélte a leghelyesebbnek, a kérdés eldöntését a római bibornokra bízta!

A Gassendi kísérletei által bosszantott Morin, ámbár Gassendi művében őt nem is említette, most még hevesebben lépett föl, sőt gyűlöletével annyira ment, hogy Gassendi halálát 1650-re előre megjósolta, ami azonban Gassendi-t nem akadályozta meg abban, hogy e jóslat után még öt évig éljen.

Gassendi nem kevesebb érdemet szerzett magának avval, hogy Galilei esési törvényeit a különböző oldalról jött támadások ellen alaposan védelmezte.

Miként említettük, a fény hatásait atómok segítségével magyarázta. Szerinte a fénylő test minden lehető irányban egyenes vonalakban haladó atómokat lövel ki, s e föltétel alapján a fény erőssége fordított viszonyban van a távolság négyzetével. Gssendi-nek ez a hipotézise, mely a Newton-éval egészen rokon, az ókori felfogással szemben haladást jelez, amennyiben az ókori filozófusoknak az a felfogása, mely szerint a látás a szemből kimenő sugarak segítségével történik, s a melyhez Aristoteles csak annyit tehetett, hogy a szem és látott test közé valami médiumot helyezett, a Gassendi idejében nagyon el volt terjedve.

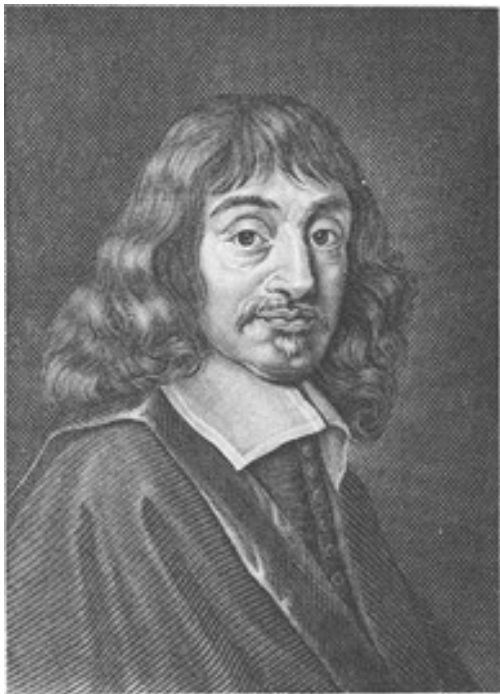
Gassendi a hallást is az atómok segítségével magyarázta ugyan, de azért az ő felfogása ezen a téren is haladást jelez, mert szerinte a hangok magassága a fülünkre bizonyos időben gyakorolt impulzusok számától függ, holott a peripathétikus tanok szerint a hang magassága a hang terjedési sebességétől függ; a lassan terjedő hangok mélyek, a sebesen terjedők pedig magasak. Ezt

az utóbbi magyarázatot kísérleti úton czáfolta meg: nagyobb távolságban egy ágyut és egy pus-  
kát süttetett el, s megmérte a puskapor fölvillogá-  
sa és a durranás meghallása között eltelt időt,  
melyet mind a két esetben ugyanakkorának talált.  
Ebből azt következtette, hogy a magas és mély  
hangok egyenlő sebességgel terjednek.

Ez volt az első kísérlet a hang sebességének  
meghatározására, de a tökéletlen időmérés miatt  
valami pontos eredményt (1473 láb = 478 m/s)  
nem adhatott. A második meghatározást Mersen-  
ne, Descartes iskolatársa hajtotta végre s *Harmoni-  
corum libri XX.*, Parisiis, 1636. című művé-  
nek tanusága szerint a sebességet 1380 lábnak ta-  
lálta.

Gassendi sokat foglalkozott még a gömbi aszt-  
ronómiával és a matematikával is; korának  
nagyhírű csillagászaival, mint Galilei-, Kepler-  
és Hevel-lel folytonosan levelezett; kiterjedt le-  
velezése az asztronómia történetére nézve fontos  
adatokat tartalmaz.

**DESCART**



**DES CARTES**



Descartes, Galilei ifjabb kortársa, az éleselméjű filozófus és matematikus, a fizika terén kiváló érdemeket szerzett. Érdemeinek köre körülbelül ugyanaz, mint az ellenlábas, a Gassendi érdemei: nem fényes fölfedezések és szerencsés teoriák, hanem inkább élénk szelleme előidézte tudományos mozgalmak által volt a fizika fejlődésére üdvös hatást gyakorlandó. Tekintélye elég nagy volt arra, hogy a tudományos világ figyelmét az általa tárgyalt kérdésekre vonja, de nem volt elég nagy arra - s ez szerencse a tudományra nézve, - hogy az általa felállított téves tanok tudományos nebántsdivirágoknak tekintettek volna.

## I. Descartes élete

René Descartes, egy nemes és vagyonos család sarjadéka, 1596. márcz. 81-én La Haye városában, Touraine-ben született.

A gyenge testalkatú, de élénk szellemű nyolcz éves gyermek a la flèche-i jezsuita klostromban küldetett, hol tehetségei, különösen pedig gyors

felfogása által csakhamar feltűnt. Tanulmányai-ban nem volt semmi rendszer, a könyvekben nem volt válogatós, s azokból tanult, melyek a keze ügyébe akadtak. De az ott tanított filozófiával nem volt megelégedve, s csak a matematikában talált némi megnyugvást.

E tanrendszernek, vagy inkább rendszertelenségnek az lett a következménye, hogy az ifjú Descartes alaposan semmit sem tanult meg, elannyira, hogy tanulmányaival maga sem volt megelégedve s maga sem tudta, hogy a tudományok melyik ágára határozza el magát. Elég vagyonos lévén, nem kellett arra törekednie, hogy tanulmányait mentül előbb fejezze be; így esett meg rajta az is, hogy tanulmányait egyelőre egészen félbenhagyta. Haza ment s otthon lovagi játékokkal szórakozott.

Sokáig otthon sem maradt; élénken vágyódott, hogy a nagyvilágot megismerje. Vágyainak engedve, Párisba ment, a hol a világgal, persze nem a komoly oldalával, megismerkednie bő alkalma

volt; a gyönyör különféle nemei, főleg pedig a játék annyira a hatalmukba kerítették, hogy tanulmányokra különben sem maradt volna elegendő ideje. Rövid időn át visszavonulva élt ugyan, s idejét a matematikának szentelte, de a világ zaja nyugalma csakhamar megzavarta; hogy más téren is tapasztalatokat gyűjtsön, orániai Móricz hadseregébe lépett.

Hollandi tartózkodása arról nevezetes, hogy a tábori élet viszontagságai szellemének tevékenységét a legkevésbé sem bénították, sőt tudományos működése tulajdonképen ez időtájban kezdődött.

Brédai tartózkodása alatt egy ízben sok nézőtől körülvelt plakátot vett észre. Mivel a flamand nyelvet nem értette, a körülállók egyikét megkérdezé, hogy a plakát mit jelentene. A kérdezett értésére adta, hogy azon egy matematikai feladat van kitűzve s a feladatot vele megismertette. A feladat kitűzője, Beckmann tanár, ez volt egyzersmind a kérdezett is, a következő napon na-

gyon meg volt lepetve, a mikor Descartes a feladat kész megfejtését neki átnyújtá.

Ez időtájban fogamzott meg az az eszméje, hogy tekintet nélkül a fizikának eddig elért nagyszerű vívmányaira, egy filozófiai új rendszert alapítson, hogy az igazságot csupán csak fogalmakból és definíciókból vezesse le.

Ez a filozófia, mely a Baco-éval ellenkező túlságba esett, némely biografust arra ragadott, hogy Descartes-ot a francziák legélesebb elméjű gondolkodójának nevezze s Galilei-vel egy színvonalra emelje, ugyanavval a Galilei-vel, aki Descartes szerint nem lévén tekintettel a természet első okaira, fundamentum nélkül épített.

Descartes-ot ábrándokra disponált lelkülete némelykor egészen rajongóvá tette. Egy éjjeli víziójának behatása alatt azt is megfogadta, hogy Lorettóba fog zárándokolni.

A hollandi hadseregéből átlépett a bajorba s ez által alkalma nyílt Németország nagy részét bejárnia. Részt vett a fehérhegyi ütközetben s a

Bethlen Gábor elleni hadjáratban. Érsekújvár ostrománál Buquoi, a vezére, elesett. Ez reá, mint szemtanura, annyira hatott, hogy a katonaéletnek istenhozzádót mondott s különböző tartományokon keresztül Franciaországba visszatért.

Párisi tartózkodása alatt arról értesült, hogy egyik rokona, ki az olaszországi francia sereg-nél szolgált, meghalt. Ekkor eszébe jutott hollandi fogadalma, s ezt teljesítendő, Olaszországba utazott.

Miután Velenczét, Lorettót és Rómát meglátogatta, Flórenczen át visszatért hazájába, a nélkül, hogy Galilei-t fölkereste volna. Mersenne-hez intézett leveleinek egyikében ezeket mondá: "A mi Galilei-t illeti, azt akarom önnek mondani, hogy én őt soha sem láttam, vele soha sem érintkeztem, következésképen tőle semmit sem vehettem át.

1627 és 1628-ban lencsék és tükrök köszörlésével foglalkozott. Időközben még egyszer kard-

hoz nyult: Richelieu alatt részt vett La Rochelle ostromában.

Párisban, mindamellett hogy nyilvános hivatalt nem viselt s ilyet elvállalni nem is akart, magát elég nyugodtnak nem érezte, minélfogva 1629-ben ismét Hollandiába ment, a hol tartózkodáshelyét sűrűn változtatta. A tudományok különböző ágaival leginkább azért foglalkozott, hogy azokon filozófiai rendszerét alkalmazhassa. Mivel Hollandiában 1649-ig maradt, elég ideje volt, hogy ez országban rendszerének nagyobb számú híveket szerezzen, sőt egyes tanítványai Deventerben és Utrechtben professzori állomásokat is kaptak. Ez a körülmény, s Descartes-nak mindinkább növekedő híre a hollandi theologusok féltékenységét felköltötte, sőt Voetius nem ártallotta, hogy Descartes-ot, a buzgó katolikust, atheizmussal vádolja.

De nem áll az, hogy Descartes és tanai Franciaországban is üldöztettek, mert Richelieu őt nagyon előnyös föltételek mellett Párisba hívta.

Azonban Descartes jelentékeny vagyona által anyagilag is támogatott függetlenségét feláldozni nem akarta. Később a Mazarin által kieszközölt évi díjt mégis elfogadta.

Krisztina, a 19 éves svéd királyné, nagyon óhajtotta, hogy Descartes-al megismerkedjék. Chanut francia követ eme vágyát annyira fokozta, hogy Descartes 1649-ben Svédországba meghívatott. Descartes a meghívást elfogadván, még ugyanabban az évben Stockholmba utazott.

A királyné vele rendes értekezleteket tartott, azonkívül a legfontosabb ügyekben tanácsát kikérte. Descartes-nak télen s már reggeli 5 órakor a könyvtárban, a filozófiai értekezletek színhelyén kellett lennie.

Krisztina őt avval is meg akarta bízni, hogy egy svéd akadémiát alapítson, azonban Descartes az északi zord klíma kártékony hatásai következtében már 1650. febr. 11-én, 54 éves korában, elhunyt.

A királyné díszes helyet tűzött ki holtteste számára, de a francia dicsőség ezt visszakövetelte. Holtteste, miután a peronne-i vámőrök kellőképpen átvizsgálták, 1666-ban érkezett meg Párisba. Eltemettetett a St. Geneviève templomban; mely a múlt század közepén lebontatván, a mai Pantheonnak adott helyet.

A convent Descartes-ot a Pantheon dicsőségében akarta részesíteni, de a határozat nem hajtott végre. Descartes jelenleg a St. Germain-des-Prés templomban nyugszik.

Descartes összegyűjtött munkái, Opera omnia, Amstelod., 1690-1701 cím alatt jelentek meg (9 kötet). A francia kiadás 13 kötetből áll s a következő iratokat foglalja magában:

Les principes de la philosophie (Picot fordítása) 1724. 1 k.

L'homme de René Descartes et la formation du foetus etc., 1729. 1 k.

Méditations métaphysiques, 1724. 2 k.



Les passions de l'âme, le monde, vagy Traité de la lumière etc., 1726. 1 k.

Discours de la Méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus, la dioptrique et les météores, la mécanique et la musique, qui sont des essais de cette méthode. 1724. 2 k.

Lettres, 1724-25. 6 k.

Összes művei legújabb kiadását (Páris és Strassburg 1824-26.) Victor Cousin rendezte sajtó alá.

## II. Descartes mechanikája és világnézlete

Descartes nevének maradandó dicsőségét a matematika terén alapította meg; itt elég lesz, ha számos érdeme közül a legnagyobbikat, az elemző geometria megalapítását említjük föl.

Mint fizikusnak sokkal kevesebb volt a szerencséje. Metafizikai elvei, melyekkel a természet törvényeit pusztá fogalmakkal akarta levezetni,

őt gyakran a lehető leghamisabb eredményekre vezették.

Törekvései a legkevésbé sikerültek a mechanikában. Már az a nem nagyon épületes szellemi viszony, melyben Galilei-vel és Stevin-nel állott, mutatja, hogy ő nem volt a kutatás helyes módszerének embere. Maga mondá, hogy a Galilei könyveiben semmi olyast sem talált, a mit tőle irigyelhetne vagy a magáénak vallani óhajtana, továbbá nyiltan bevallá, hogy nincs annyi türelme, hogy az olyan könyveket, mint a minők a Stevin-éi, úgy olvassa át, hogy megtudhassa, vajjon a bennük levő bizonyítások szabatosak-e vagy nem. Mersenne-hez írt egyik levelében ezeket mondja: "A mozgásnak a páratlan számok szerinti az a gyorsulása, melyet Galilei említ, nem lehet való, hacsak két vagy három teljesen hamis dolgot nem tételezünk föl: az egyik az, hogy a mozgás fokenként növekedik, elkezdve a leglassúbbtól, mint Galilei véli; a második, hogy a levegő ellenállása akadályul nem szolgál."

Metafizikai képzeleteinek egyik legnevezetesebb terméke az általa felállított világrendszer. Ez nem egyéb, mint a tychói rendszer, melyhez ő még egy, a világűr betöltő finom anyagot képzelt. Ez a finom anyag örvény vagy forgószél módjára kavargván, a Napot, a bolygókat és a Holdat magával ragadja. Innét ered az égi testek mozgása. Az apály és dagály tünetényeit szintén ezekre a képzelt örvényekre vezeté vissza.

Descartes világnézlete annak idején rendkívüli feltűnést keltett, bár voltak elegenden, kik gúnyolódtak fölötte. A különben mérsékelt Gassendi például ezeket mondá: "Nem látok senkit, a ki elég bátor volna arra, hogy a Filozófia principiumait végig olvassa; mi sem unalmasabb, megöli az olvasót, s bámulni lehet azon, hogy ezek az ízetlenségek feltalálójuknak annyi munkájába kerültek." Hasonló szellemben nyilatkozott később Huyghens is.

A Descartes mechanikai képzeletei közül csak a statikaiak helyesek. A virtuális sebességek el-

vét nemcsak az emeltyűre és a lejtőre, hanem még a csigasorra is alkalmazta. Az utóbbi feladat azért érdemel különös figyelmet, mert annál már egy egész erőrendszert vett tekintetbe s ez által az elvnek általánosabb formulázásához megtette az első lépést; Galilei ugyanennél a feladatnál első sorban magára a gépezetre volt különös tekintettel, mert a feladatot emeltyű-kombinációk segítségével tárgyalta. Lagrange sokkal később az erőrendszereket csigasorokkal reprezentálta s ily módon (mechanikájának 2-ik kiadásában) a csigasort a virtuális sebességek elvének bebizonyításra használta fel.

Descartes három mechanikai általános alapelvet állított fel, s azokat a mozgások legelső törvényeinek tekintette. Az első és második törvény nem egyéb, mint a tehetetlenség törvénye, melyet Descartes két részre szakított s metafizikai nézeteivel kombinált. A harmadik törvény egészen új, de egyszersmind egészen hamis: ha valamely test egy másikat nem mozdíthat meg, akkor az utóbbival szemben a mozgásából mit sem veszíthet;

ha ellenben megmozdíthatja, akkor a közölt mozgásmennyiséget elveszíti. Valószínű, hogy e föltevésre a fény visszaverődésének törvénye által vezéreltetett. Evvel a törvénnyel aztán a Filozófia principiumai-ban levezette az ütközés törvényeit, melyek azonban a mindennapi tapasztalással homlokegyenest ellenkeznek, mert Descartes szerint egy mozgásban levő kisebb test mely egy nyugvó nagyobb testet megüt, az ütközés után az eredeti sebességével visszapattan, a nagyobb test pedig nyugalomban marad. A tapasztalással való ellenmondást megszüntetendő, Descartes a levegőt hívta segítségül.

### III. Descartes optikai vizsgálatai

A francia írók egyhangú véleménye szerint a sugártörés törvényét Descartes találta fel; mindannyian arra hivatkoznak, hogy ő volt az első, ki ezt a törvényt nyomtatásban közzé tette. Azonban Voss és Huyghens határozottan állították, hogy Descartes ismerte Snell törvényét, mit már az a körülmény is nagyon valószínűvé tesz, hogy

Descartes húsz évnél tovább tartózkodott Hollandiában, hol is a tudósok körében számos ismerőssel birván, Snell törvénye figyelmét aligha kerülhetett volna ki.

Ezen kívül Descartes, ki a mások érdemeiről mindig csak kicsinyléssel, sőt megvetéssel nyilatkozott, a forrásokat soha sem nevezte meg; a többi között oly nézeteket is terjesztett elő, melyek Giordano Bruno-nál majdnem szó szerint feltalálhatók.

Arago megütközéssel fogadja némely tekintélyes angol írónak azt az állítását, mely szerint a szóban forgó törvény a Snell törvénye volna. "Huyghens nem meri állítani, hogy a szóban forgó kéziratot (a Snell kéziratát) látta volna, így tehát azok, kik a francia filozófust meg akarják fosztani a feltalálás dicsőségétől, mely őt mint publikátort megilleti, őt a legocsmányabb plagiátorok sorába helyezik." Arago szerint valószínű, hogy mind Descartes, mind pedig Snell a Vitello

törési tabelláinak összehasonlító diskussziója után jöttek a kérdéses eredményre.

A kérdésnek okiratok alapján való szigorú eldöntése eddigelé nem sikerült. Azonban a fentebb említett körülmények Snell mellett és Descartes ellen bizonyítanak.

Descartes szerint a fény az által keletkezik és terjed, hogy a világító test az átlátszó közegre bizonyos nyomást gyakorol, mely nyomás a közegben pillanatnyilag (instantanément) terjed tovább. Mert abban az esetben, ha a fény sebessége véges volna, a fénynek és a Földnek kombinált mozgása folytán az álló csillagoknak látszólagos mozgásokkal kellene birniok, de mivel ilyen mozgásuk nincs, a fény pillanatnyilag terjed. Látni való, hogy Descartes már majdnem azon volt, hogy a fény aberrációját fölfedezze, mert ha nem ragaszkodott volna oly szigorúan a pillanatnyi terjedés hipotéziséhez, be kellett volna látnia, hogy a fénynek talán mégis van aberrációja, csak hogy észleletek által meg nem konstatálta-

tott. De mivel a fogalomból kiinduló dedukciót az észleletnél többre becsülte, inkább az aberráció létezését tagadta el.

Hogy aztán a visszaverődést és törést a pillanatnyi terjedés daczára kimagyarázhassa, segítségért egy analógiához fordul. Ugyanis azt mondja, hogy a világító test gyakorolta nyomás épen úgy verődik vissza, mint valamely a nyomás irányában kilőtt golyó, a mi nem egyéb, mint a visszaverődés törvénye. A törés törvényének levezetésénél pedig fölteszi, hogy a fény a kilőtt golyó módjára behatol ugyan az átlátszó közegbe, de ez utóbbi csak a sebességnek a függélyes komponensét módosítja. Itt persze a sebesség nem a nyomásnak, azaz a fénynek, hanem a golyónak a sebessége. Továbbá még azt a tételt állítja fel, hogy a fény a súlyos közegekben annál könnyebben haladhat, mentül sűrűbbek azok; valamint egy ütköző golyó is kemény falról sebesebben pattan vissza mint lágyról. Nyilván való, hogy evvel az analógiával elejét akarta venni annak az ellenmondásnak, mely a különböző sebességek



fölvételéből keletkezett volna. E föltevések segítségével aztán kimutatja, hogy a beesési szög sinusa osztva a törési szög sinusával, állandó mennyiség, a mi nem egyéb, mint a törésnek igazi törvénye. Persze, hogy ha a Descartes hipotéziseivel vezetjük le a törvényt, akkor ez az állandó mennyiség egyenlő a két közegben való sebességek fordított viszonyával, a mi a Huyghens-féle hullámelmélettel ellenkezik.

A Descartes elméletét a híres Fermattámadta meg a leghathatósabban; ellenvetéseire Descartes alig tudott válaszolni. Ez időtájban Lachambre megjegyezte, hogy a visszaverődésnél a fény a legrövidebb utat követi, mely tétel különben az alexandriai Hero-tól származik. Fermat ezt az elvet a törésre is alkalmazván, levezette a törés törvényét, még pedig úgy, hogy a mondott állandó mennyiség egyenlő a két közegben való sebességek egyenes viszonyával.

Már a mondottakból is kitűnik, hogy Descartes-nak a fényről valami határozott képzelete

nem lehetett, miről tanúskodik még az a körülmény, mely szerint mindamellett hogy a mozgást, azaz a nyomást tekinté a földolognak, s hozzá tévé, hogy a szembe anyag nem jó, mégis némelykor amaz antik felfogáshoz közeledett, melynek föltevésai szerint a látás nem csupán az által jó létre, hogy a látott testtől megy valami a szembe, hanem a szemből is megy valami a látott testhez; mert különben a macskák nem láthatnának a sötétben!

Descartes dioptrikáját a meteorokról írt értekezése követi. E dolgozatnak legfontosabb része a szivárvány elmélete, mely a Descartes fizikai dolgozatai között a legszebb és a legértékesebb.

Először is a szivárványok keletkezését magyarázza meg. Szerinte a főszivárvány oly módon jó létre, hogy a Nap sugarai az esőcsepp előlapjának felső része által megtöretnek; ezután a megtört sugarak a csepp hátlapja által visszaveretnek; végre eme visszavert sugarak az előlap alsó része által újra megtöretnek s a szembe érkeznek. A

mellékszivárványnál pedig a sugarak a csepp előlapjának alsó része által töretnek meg, ezután a csepp hátlapja által kétszer egymásután veretnek vissza, s csak ezután lépnek ki másodszor is megtörve az előlap felső részéből.

A szivárvány elmélete idáig már ismeretes volt. Theodorich bázeli szerzetes, kit más helyen már fölemlítettünk, a szivárvány keletkezését épen így magyarázta. A szerencsétlen sorsú Antonio de Dominis spalatói érsek (1566-1624) ugyanezt a feladatot a *De radiis visus et lucis*, Venet. 1611. című művében még nagyobb szabotossággal fejtette meg; Newton e műről nagy elismeréssel nyilatkozott.

Descartes-ot itt is az a gyanu terheli, hogy elméletének alapvonalait a Dominis művéből merítette, a nélkül, hogy a forrást megnevezte volna. De ha ez a gyanu alapos volna is, az el nem vitatható, hogy Descartes az elméletet önállóan tovább fejlesztette, a mennyiben a törési törvény segítségével a beeső és a megtört sugarak által

bezárt szöget helyesen határozta meg, s ezt a főszivárványra nézve  $41^{\circ} 30'$ -nek, a mellékszivárványra nézve pedig  $51^{\circ}54'$ -nek találta. Ez az eredmény pedig Descartes-nak elvitázhatatlan érdeme.

A szivárvány színeit oly formán magyarázta ki, hogy meghatározta azt a szöget, melyet a fénysugárnak beesési és kimenési pontjában a csepphez fektetett érintő síkok egymással bezárnak, s kísérleti úton megmutatta, hogy egy vízprizma, melynek tört szöge egyenlő e két sík hajlási szögével, a fénysugarat épen úgy szórja, mint az esőcseppek. Nem egészen áll tehát ez a mondás: "Descartes a két szivárványt rajzolta, de Newton kifestette."

Descartes a látás elméletével is foglalkozott s ökörszemekkel néhány ide tartozó kísérletet hajtott végre. Egyébiránt ő elfogadta a Kepler ide vonatkozó elveit.

A lencsék elmélete nem sikerült ugyan, de a gömbi eltérésből eredő hibákat helyesen ismerte

föl, bár nem először, mint ezt némely író állította. Miként Kepler, úgy ő is hiperbolás lencsét ajánlott, sőt feltalált egy gépet is, melylyel ilyen lencsét készíteni lehetett.

Mindamellett hogy Descartes-nak a fizika terén kivívott eredményei nem nagy terjedelműek, neve mégis minden kezdő előtt ismeretes. Ki nem ismerné a Cartesius buvárját? Ez persze csekélység a többi érdemeihez képest, de már ebből is látszik, hogy még sem irtózott annyira a kísérletektől, mint azt róla általában fölteni szokták.

## TORRICELLI

### I. Torricelli életrajza.

Evangelista Torricelli, Galilei-nek legnagyobb tanítványa, 1608. október 15. Faenzában született. Nagybátyjának, Jacopo Torricelli kamaldulensi szerzetesnek vezetése alatt az első oktatásban a szülővárosában részesült. Később a geometriát részint egyedül, részint a jezsuitáknál tanulmányozta.

Torricelli-t nagybátyja Benedetto Castelli benediktinusnak, a Galilei egyik híres tanítványának ajánlotta. Castelli, kit a Galilei-t kárhoztató VIII. Orbán pápa a matematika tanítása végett Rómába hívott, nagy hírre vergődött ama két munkája által, melyekben a víznek a folyók- és csatornáknban való mozgását tárgyalta, s a melyeket Della misura dell'acque correnti és Dimostrazioni geometriche della misura dell'acque correnti címek alatt Rómában 1628-ban adott ki.

Castelli az ekkor 18 éves Torricelli-t nagyon kedvezően fogadta s élénk felfogása és a legkényesebb feladatok megfejtésében tanúsított ügyessége miatt nagyon megkedvelte, minélfogva a tanító és a tanítvány között csakhamar benső barátság fejlődött. Rómában megismerkedett még Niceron-nal s ezáltal ismét Fermat-, Rober-val-lal és Mersenne-nel jött érintkezésbe.

Midőn Torricelli elolvasta volt Galilei-nek a testek mozgására vonatkozó iratait, a gyorsuló mozgásról és a hajított testek mozgásáról ő maga is irt egy munkát (Del moto), melyben néhány új tételt fejtegetett. Castelli megküldé e munkát Galilei-nek s ajánlotta neki, hogy az ifjú Torricelli-t hívná magához. Mivel Galilei-t előrehaladt kora és vaksága megakadályozta, hogy műveit maga dolgozza ki, s Castelli Torricelli-t igen tehetséges ifjúnak rajzolta, Galilei a Castelli kérelmének nagyon szívesen engedett, s házáat Torricelli-nek felajánlotta.

Azonban az utóbbi egy ideig habozott, mert reménylette, hogy őt majd a pápa fogja segélyezni, azonkívül Nardi-, Magalotti- és Ricci-től, kikkel belső baráti viszonyban állott, nem akart megválni. Csak 1641-ben határozta el magát, hogy Flórenczbe menjen, hol is Galilei által atyai szíves-séggel fogadtatott. De itt Torricelli-re inkább az a feladat várt, hogy Viviani-val együtt Galilei hátralevő napjainak kínjait enyhítse, mert Galilei 1642. jan. 8-án elhunyván, az ő barátságát és vendégszeretetét nem sokáig élvezhette.

A fájdalommal eltelt Torricelli vissza akart menni Rómába; azonban II. Ferdinánd nagyherczegnek kitüntető kegye és Andrea Arrighetti tanácsosnak biztatásai folytán Flórenczben maradt, hol nemsokára a nagyherczeg matematikusává és a matematika professzorává neveztetett ki.

Torricelli ez időtájban a távcsövek javításával foglalkozott s azokat a tökélynek addig el nem ért fokára emelte. A flórenczi Medici-palotában



még most is megvan egy Torricelli készítette 18 braccio (34 láb) gyújtótávolságú messzelátó, továbbá megvannak a nagy tárgylencsái is, melyekbe a nevét véste. Egyszerű mikroskópok gyanánt apró üveggömböket használt; ezeket úgy készíté, hogy apró üvegdarabokat a lámpánál egyszerűen megolvasztott.

Az 1642. évnek a fizika történetében kiváló fontossága van: ebben az évben találta fel Torricelli a barométert, ezt az ép oly egyszerű mint nagyon fontos eszközt, melyet akkoriban méltán Torricelli-féle csőnek neveztek; a barométer kén-esőoszlopa fölött levő űrt még jelenleg is ő róla nevezzük el.

Galilei, ki tudta, hogy a levegőnek súlya van, sőt ezt meg is mérte, azt, hogy a víz a kútnak csövében 32 lábnál magasabbra miért nem emelkedik, helyesen megmagyarázni nem tudta. Torricelli-nek jutott eszébe, hogy a vízoszlopot talán a levegő nyomása ellensúlyozza, s úgy okoskodott, hogy ha ez a föltevés helyes, akkor a levegő

nyomása víznél sűrűbb folyadékból csak olyan oszlopot lesz képes egyensúlyozni, mely 32 láb-nál alacsonyabb. Eszméjét Viviani-val közölte, ki a kísérletet végre is hajtotta.

Viviani az egyik végén jól elzárt 3 lábnyi csövet kénesővel tele töltött s ezután a cső nyílt végét az ujjával betartva, azt kéneső alá merítette. Amit előre várt, az be is következett: a víznél 15-szörte sűrűbb kéneső a csőben annyira esett le, hogy a légnyomás egyensúlyozta kénesőoszlop is a vízoszlopnál 15-szörte alacsonyabb volt.

Míg némely föltaláló találmánya fölötti örömeben nem tud hová lenni, addig a túlszerény Torricelli találmánya fölött szomorkodott; mert oly nagy volt a Galilei iránti tisztelete és szerete-te, hogy nagyon sajnálta, hogy miért nem inkább a mestere találta fel a barométert, miután a föltaláláshoz már amúgy is nagyon közel járt!

Torricelli a fölfedezést *Lezzioni accademiche* című művében írta le; de ez a mű csak 1715-ben jelent meg (Flórenczben). Mersenne az új dolgot

Petit-vel, a roueni vár parancsnokával, s ez ismét Pascal-lal közölte. Pascal a Torricelli kísérletét többféleképpen módosítván, a légnyomás törvényét általános érvényre emelte.

Torricelli a fentebb említett francia tudósokkal érintkezésben maradt, ami azonban végtére kellemetlen vitára adott alkalmat. Az akkori szokás szerint a tudósok egymásnak feladatokat tűztek ki, így péld. Mersenne 1639-ben feladta Galilei-nek a cycloist. Torricelli kiszámította e vonal területét, Viviani pedig meghatározta az érintőket. Torricelli a megfejtést *Opera geometrica* Flor. 1644. című művében tette közzé, mely mű a Galilei-vel közölt mozgástani értekezéseit is tartalmazza.

Azonban Roberval, ki ép oly jeles tudós, mint szenvedélyes ember volt, ugyanazt a feladatot már 1637-ben fejté meg s nem is késett, hogy Torricelli-t egy éles hangú levélben plagiatummal vádolja. Torricelli szelíden válaszolt, s kijelenté, hogy nem törődik vele, akár hiszik, hogy ő

a megfejtő, akár nem; hogy neki elég, ha kijelenti, hogy a feloldást senkitől át nem vette, mert megnyugszik a lelkiismerete tanuságában; végre, hogy átengedi a feltalálás dicsőségét bárkinek, csak ily erőszakos módon ne akarják azt tőle elvenni.

A vita tovább folyt, de Torricelli azt nem élte túl, mert 1647. okt. 25-én 39 éves korában Flórenzben elhunyt.

Miként Galilei és Viviani, úgy ő is tagja volt a római accademia della crusca-nak. Ez akadémiában a többi között egy előadást tartott, melyben azt a témát fejtegette, hogy nem érdemes a halál után való dicsőségre törekedni, a halál után minden ember egyformán híres!

Ez akadémiának különben a nyelv művelése volt a főczélja; a czíme is azt jelenté (crusca = korpa), hogy arra törekedett hogy az olasz nyelvet a hibáktól, a korpától megtisztítsa. A Lezzioni accademiche említett kiadását is ez az akadémia rendezte sajtó alá, s az akadémiai cenzorok

kötelességüknek ismerték, hogy a címlapra kitegyék, miszerint e műben grammatikai hibák nincsenek!

A Torricelli iratain meglátszik, hogy szerzőjük a Galilei tanítványa volt, mert mindenütt világosan, érthetően és csínnal fejezte ki magát. Iratait Cavalieri akarta rendezni és kiadni, de ez őt csak egy hónappal élte túl. A nagyherczeg ezután e munkával Viviani-t bízta meg, de ez, amint látszik, nem sokat törődött vele, mert a teljes kiadás elmaradt. A Torricelli kéziratai jelenleg Flórenczben, a Medici-palotában őriztetnek.

## II. Torricelli fizikai vizsgálatai.

Torricelli legnagyobb érdeméről, a barométer feltalálásáról már szólottunk, azonban hozzá kell még tennünk, hogy a barométerrel együtt a légnyomást is feltalálta. Igaz ugyan, hogy végső elemzésben a kút csövét is barométernek tekintetjük, de mindazok, kik a kút csövével experimentáltak, nem mondták ki törvényképen azt, hogy a vízoszlopot a légnyomás tartja fenn,

holott Torricelli ezt határozottan kijelenté. Ő továbbá azt is észrevette, hogy huzamosabb idő folytán a kénesőoszlop magassága változik, minek okát egészen helyesen a légnyomás változásainak tulajdonította, sőt a barométert a légnyomás változásainak mérésére ajánlotta.

A többi vizsgálatai a hajításra és a folyadékok kifolyására vonatkoznak. A Galilei hajítási törvényeit újra levezette s azokat még a következő érdekes tétellel toldotta meg: Ha valamely testet ugyanavval a sebességgel különböző szögek alatt hajítunk el, a parabolás pályákat ismét egy parabola burkolja.

Egészen újak voltak a víz kifolyására vonatkozó törvényei; a legfontosabbak a következők:

A víz, mely valamely edény oldalfalán folyik ki, a hajítás törvényeit követi; a vízszugárnak parabolás alakja van;

a vízszugárnak akkor van a legnagyobb ívnyílása, ha az edény nyílása a vizoszlop magasságának közepén van; továbbá, azok a vízszugarak,

melyek a középső nyilástól fölfelé vagy lefelé egyenlő távolságokban levő nyílásokból szöknek ki, kisebb, de egyenlő ívnyílásokkal bírnak;

a kifolyó víz követi a szabad esés törvényeit, azaz a sebessége akkora, mintha a vízoszlop magasságán át szabadon esett volna; tehát egyenlő magasság mellett a kifolyási sebesség független a folyadék sűrűségétől. Ez az a tétel, melyet a tankönyvek különösen a Torricelli tételének neveznek. Torricelli ezt a tételt a hidrosztatikai szökőkutakra is alkalmazta, mondván, hogy a felszökő víznek, ha akadályok nem volnának, az edényben levő vízoszlop magasságára kellene fölemelkednie.

Mindezek a tételek s a belőlük vont következtetések a fizikának egészen új terét nyitották meg s a későbbi hydrodynamikai beható vizsgálatoknak az első impulzust adták.

# BORELLI

## I. Borelli élete.

Giovanni Alfonso Borelli 1608. jan. 28-án Castelnuovóban, a nápolyi tartományban született; fia volt egy katonatisztnek, ki III. Fülöp spanyol király hadseregében szolgált. Mint ifjú Rómába ment, hogy itt a filozófiát és a matematikát tanulja; tanítója ugyanez a Castelli volt, kinek Torricelli és Cavalieri is tanítványai voltak.

Tanulmányainak befejezte után Messinába ment, hol a matematika professzora volt. Az 1644 és 1648-iki pestisről, mely Siciliát pusztította, értékes orvosi munkát írt.

Mindamellett hogy Messinában köztisztelőben állott, mégis 1656-ban a várost odahagyta és Pizába ment, hogy itt a neki följánlott matematikai tanszéket elfoglalja.

Borelli nem sokára megválasztatott az Accademia del Cimento tagjává. Ez a nagyhírű akadé-



mia, mely II. Ferdinand toskanai nagyherczeg tervezete alapján mintegy 15 évvel Galilei halála után jött létre, az első szövetkezet volt, mely csupán csak a fizika művelését tűzte ki céljául, még pedig mint a neve (a kísérlet akadémiája) is mutatja, a természet törvényeit csak kísérletek által iparkodott megállapítani. A tagok számra nézve kilenczen, együttesen dolgoztak, s e tekintetben ez az akadémia a jelenlegiektől lényegesen, de egyszersmind előnyösen különbözik. Az akadémiának ez a szervezete úgy hozta magával, hogy a közzétett értekezésekben a szerzők magukat nem nevezték meg; munkálkodásuk eredményét a *Saggi di naturali sperienze fatte nell'Accademia del Cimento*, Firenze, 1667. című egykötetes műben tették közzé. Ezt a művet II. Lipót toskanai nagyherczeg 1841-ben újra kinyomatta; ez a kiadás függelék gyanánt az akadémia naplójának egy részét is tartalmazza, mely naplóból kitűnik, hogy az egyes munkálatokban mely tagoknak volt a legnagyobb részük.

Az akadémia feloszlása után Borelli visszament Messinába. Azonban nyugtalan és heveskedő természete miatt e várost nemsokára el kellett hagynia. 1674-ben a Massini-féle lázadásba keveredvén, menekülnie kellett. Újra Rómába ment, hol egyideig az akkoriban ott tartózkodó Krisztina svéd királynő pártfogása alatt élt, később azonban nagyon ínséges viszonyok közé került.

Borelli 1679. decz. 31-én a római St. Pantaleone klostromban nagy nyomorúságban halt meg.

## II. Borelli fizikai munkái.

Borelli-ről fönmaradt életrajzi adatok csekély száma miatt nem lehet alaposan megítélni, hogy e jeles férfiú szomorú sorsának egyéni hibái mennyiben lehettek okai. Ha azonban munkáinak nagy számát, eszméinek ujságát és gazdagságát kellőképen figyelembe vesszük, őt korának legjelesebb fizikusai közé kell számítanunk. A Saggi-ban közzé tett dolgozatain kívül még 13 önálló munkát irt, s ezekben a fizikán kívül a ma-

thematikát, az asztronómiát és a fiziológiát tárgyalta. Az *accademia del cimento* kísérleteinek nagy része, nevezetesen a légnyomásra vonatkozók, tőle erednek. Borelli nem szívesen egyezett abba, hogy vizsgálatait névtelenül jelenjenek meg, sőt e miatt a többi tagokkal viszályba keveredett.

A következőkben meg fogjuk ismertetni az akadémia ama vizsgálatait, melyekről föltehető, hogy bennük Borelli-nek van a legnagyobb érdeme. Lesz még alkalmunk, hogy megfelelő helyeken a többiekre is visszatérjünk.

A *Saggi*-ből látni, hogy Torricelli fölfedezésének következményei mily nagy mértékben foglalkoztatták az akkori fizikusokat. A Torricelli-féle ür módot, persze hogy még nagyon kényelmetlen módot nyújtott arra, hogy számos tünet a légnyomástól vagy általában a levegő befolyásától függetlenné tétessék, ami a vizsgálatok hosszú sorozatára adott alkalmat. Igaz ugyan, hogy a tünetmények az üres térben nem mutattak

oly feltűnő különbségeket, mint a minőket az experimentátorok vártak s a várt nagy eredmények elmaradtak, azonban a nagy gonddal és fáradsággal végrehajtott kísérletek az eszmék tisztázását nagy mértékben mozdították elő.

A Saggi II-ik fejezetében le van írva egy edénybarométer, mely csak külső alakra nézve különbözik az akkori barométerektől, melyek mindannyian edénybarométerek valának. Továbbá le vannak írva azok a kísérletek, melyekkel az akadémiкусok kimutatták, hogy már egy 50 rőf (braccio) magas torony tetején a levegő nyomása kisebb, mint a torony lábánál s Pascal megnevezése nélkül fölemlítették, hogy hasonló kísérletek már Franciaországban is tétettek. Le van még írva Pascal által már 1647-ben végrehajtott ama kísérlet, mely szerint a kéneső oszlop magassága állandó marad, ha a barométernek különben függélyes csöve ferde helyzetbe tétetik.

Az akadémiкусok a légüres térben végrehajtott kísérleteiknél légszivattyú hiányában a Torric-

elli-féle űrt használták, s hogy nagyobb vacuomot nyerjenek, a barométer csövének felső végét kibővítették. E készülék segítségével megmutatták, hogy gyengén felfujt hólyag a vacuumban kifeszül; hogy a vízcseppek gömbalakjukat a vacuumban is megtartják, hogy tehát a folyadékok alakjának nem a légnyomás az oka. Hasonlóképen megmutatták azt is, hogy a hajcsöves tüne-mények a vacuumban is jelentkeznek, tehát szintén függetlenek a légnyomástól.

Az akadémikusok továbbá azt tapasztalták, hogy a vacuumba tett vízből légbuborékok emelkednek föl, s hogy ez a víz könnyebben forralható, mint a levegőn levő, de ez csak a Boyle által már végrehajtott kísérlet ismétlése volt. Megpróbálták azt is, vajjon a hang terjed-e a légüres térben. E célra a vacuumba kicsiny harangot tettek. A harang hangját ekkor is, bár tetemesen meggyöngítve hallották, minek okát egyrészt a harangot felfüggesztő fonál, másrészt pedig a vacuumban még fenmaradt csekély mennyiségű levegő hangvezetésének tulajdonították. Ez az

utóbbi körülmény különösen figyelemre méltó, mert az akadémikusok nem tudták kimagyarázni, hogy a barométer vacuum a melegítés által miért nagyobbodik, és a hűtés által miért kisebbedik. A kéneső, melyet használtak, nem volt kifőzve, tehát nem csak levegőt, hanem még nedvességet is tartalmazott. A nedvességnek tulajdonítandó, hogy a borostyánkő a vacuumban nem mutatott elektromos tűneményeket, holott a mágnesek hatályosságukból mit sem veszítettek. Végre a vacuumba helyezett állatokkal is tettek kísérleteket s fölemlítik, hogy ilyen kísérleteket igen apró állatokkal már Torricelli is tett, de hogy ő még nem volt tisztában avval, vajjon a levegő hiánya vagy pedig a kéneső öli-e meg az állatokat.

Az imént említett kísérleteket legnagyobb részben Borelli hajtotta végre. De tevékenysége, mint ezt már említettük, nem szorítkozott csupán az akadémiára. Önálló művei között a legfontosabb a következő: *Theoria mediceorum planetorum ex causis physicis deducta*, Florentiae, 1666.

E könyvben a Jupiter holdjait tárgyalja. Azt mondja róluk, hogy kétféle mozgó törekvés van bennük. Először is arra a gömbre törekednek esni, mely körül keringenek, s e körmozgásukból ered a második törekvés, hogy a középponttól eltávolozzanak. A keringés lehetőségét e két törekvés egyensúlyának tekinti, s a bolygóknak napköri keringését épen így magyarázza meg. Borelli tehát a gravitáció törvényének feltalálásához sokkal közelebb járt mint Kepler, aki a bolygók mozgásának általános okát keresvén, a Nap mágneses erejéhez folyamodott. Figyelemre méltó az is, hogy Borelli az ő tanát épen abban az időben tette közzé, midőn Newton a gravitáció eszméjével kezdett foglalkozni, hogy mintegy két évtizeddel később a befejezett theoriával lépjen föl.

A napállítót Borelli találta fel, mert midőn az akadémia a fény sebességére vonatkozó kísérleteket tett, ő egy tükröt oly gépezettel kötötte össze, mely a tükröt úgy mozgatta, hogy a fénysugarakat mindig ugyanabba az irányba terelje.

A fizikára nézve érdekes még a *De vi repercussionis et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus* című munkája, mely 1670-ben Reggióban jelent meg (2-ik kiadás: Leyden, 1686.). Ebben az ütközés törvényeit fejtegeti, de eredményei a valóságnak épen nem felelnek meg. Sokkal érdekesebb a hajcsövekre vonatkozó vizsgálatok leírása. Borelli a hajcsövekkel már 1655-ben foglalkozott s mint már említettük, egy kísérletet az *accademia del cimento* tagjaival közösen hajtott végre. Borelli előtt csak Leonardo és Aggiunti (pízai tanár, megh. 1635) tettek idevonatkozó észleleteket, melyek azonban a Borelli-éi mellett számba alig vehetők.

Borelli először is azt tapasztalta, hogy a folyadékok nedves csövekben gyorsabban és nagyobb magasságra emelkednek föl mint a szárazakban. Továbbá, a folyadékok a hajcsövekben még akkor is megmaradnak, ha a csöveket a folyadékból kiveszszük; a hajcsőben maradó oszlop most is olyan magas, mint amikor a folyadékba volt mártva. Végre ugyanannál a folyadéknál, de kü-



lönböző átmérőjű csöveknél a fölemelt oszlopok magasságai az átmérőkkel fordított viszonyban vannak.

Borelli még a vizen úszó könnyű testek között föllépő vonzás és taszítás tünetényeire vonatkozó számos kísérletet hajtott végre. E kísérleteket II. Ferdinánd nagyherczegnek és Lipót fejedelemnek is bemutatta. Az utóbbi azt óhajtotta, hogy Borelli észleleteit a Saggi-ban tegye közzé, mire azonban Borelli-t rábírní nem lehetett, minélfogva közötté és Lipót között meghasonlás tört ki.

Bármily érdekesek lettek legyen a Borelli észleletei, a dolog elméleti részét egy lépéssel sem tolták előre; egyedüli érdeme e tekintetben az, hogy kimutatta, miszerint eme tünetények a levegő nyomásától függetlenek.

Különben ezen a téren a Borelli kortársai sem tettek haladást, sőt Pascal a hajcsövek tünetényeit jóformán nem is ismerte.

Borelli és Bellini voltak a fejei az iatromatematicusoknak, annak a tudományos felekezetnek, mely elcsábíttatva a matematikának a természettudományokra való alkalmazásában elért sikertől, a matematikát az orvosi tudományokra is akarta alkalmazni.

Borelli ebben az irányban írta *De motu animalium* című híres művét, melyet 1679-ben, kevéssel a halála előtt, Krisztina svéd királynőnek ajánlott, a ki a nyomtatási költségeket magára vállalta. A mű azonban csak 1680-ban jelent meg Rómában (2-ik kiadás: Leyden 1685). Ez iratból kitűnik, hogy Borelli egészségesebb alapon állott mint a többi elvtársai. A matematikát az állatok életére alkalmazta ugyan, de csak annyiban, a mennyiben az állatok mozgása mechanikai szempontból jó tekintetbe s ez által a mechanikai elvek alkalmazásának új mezejét nyitotta meg. Az állati test részeit gépekhez hasonlította s arra törekedett, hogy kimutassa e gépek szerepét az életben. Ez pedig olyan téma, mely fölött a ter-

mészethistorikusok még napjainkban is elmélkednek.

## GRIMALDI

I. Grimaldi élete. - Ricciolival közösen végrehajtott munkái.

Grimaldi életének folyásáról nagyon gyér adataink vannak, de nagybecsű művei annál hangosabban beszélnek el szellemi életének történetét.

Francesco Maria Grimaldi, jezsuita, 1613-ban Bolognában született.

Úgy látszik, hogy ifjú korában a természettudományok iránt valami különös hajlama nem lehetett, mert csak miután a szépirodalmat már 20 éven át tanította a szülővárosában, csak ekkor fogott az exakt tudományok tanulmányozásához. Most azonban oly gyors előmenetelt tett, hogy sajnálni lehet, hogy az emberi tudás emez ága felé aránylag oly későn hajolt.

Grimaldi azok közé a tudósok közé tartozott, kiknek tevékenysége sokkal szerényebben és csendesebben folyik le, semmint ezt a tudomá-

nyok érdekében kívánnunk kellene. Nagybecsű művei csak későn kezdettek figyelmet kelteni. Ő maga csak akkor keltett némi föltűnést, midőn az általa készített hold-mappán a hegyeknek és völgyeknek más neveket adott mint a danzigi Hevel, ki a Grimaldi-énál régibb és jóval tökéletesebb mappáján a földi hegyek és tengerek neveit a Holdra is átvitte. Grimaldi ellenben a hegyeket és völgyeket csillagászok és filozófusok után nevezte el, ami akkoriban köztetszésre talált. Ez a jelölésmód még jelenleg is dívik. Grimaldi 1663-ban Bolognában halt meg. Vixit inter nos sine querela, mondák a rendtársai a sírja fölött.

A ránk maradt iratok tanúsága szerint Grimaldi a fizikának két ágával, nevezetesen a mechanikával és az optikával tüzetesen foglalkozott. Vizsgálatai közül csak az optikaiak önállóak, mert a mechanikaiakat egy másik buzgó fizikussal, Riccioli-val közösen hajtotta végre.

Giambattista Riccioli 1598-ban Ferrarában született. Parmában a theológia és filozófiának,

Bolognában pedig az asztronómiának volt a professzora. Az utóbbi városban 1671-ben halt meg. Leghíresebb munkája az "új almagest": Almagestum novum, Bononiae, 1651.

Ebben a különben asztronómiai munkában föllelhetjük a szabad esésre vonatkozó vizsgálatokat, melyeket Grimaldi és Riccioli 1640-től 1650-ig együttesen hajtottak végre.

Első kísérleteiket mérleg segítségével tették: különböző magasságokból a mérleg egyik serpenyőjébe súlyokat ejtettek, s megfigyelték, hogy ekkor a másik serpenyő mekkora súlyokat képes fölemelni. Későbbi kísérleteikre a bolognai ferde tornyok egyikét, az Asinelli tornyot használták, s a Galilei eséstörvényeit igazolták. E kísérletek az által váltak jelentősekké, hogy Riccioli-t arra indították, hogy a levegő ellenállására vonatkozó beható kísérleteket tegyen. Riccioli megmutatta, hogy a leejtett sűrűbb golyók hamarabb esnek a földre, mint a ritkábbak; hogy az ellenállás a víz-

ben mint sűrűbb közegben sokkal nagyobb mint a levegőben. Itt megemlíthetjük még, hogy Riccioli a Kopernikus rendszerének nagy ellensége volt, s az Új Almagestben nem kevesebb mint hetvenhét érvet hoz föl ellene; persze, hogy ez érvek túlnyomó része arra a tychói ellenvetésre lyukad ki, hogy abban az esetben, ha a Föld forogna, valamely toronyról leejtett kőnek a torony lábától nyugat felé kellene elmaradni, mi azonban a valóságban nem történik meg!

Grimaldi és Riccioli Modena környékén egy fokmérést is hajtottak végre, de a kapott eredmény nagyon hibás volt, mert szerintük  $1^\circ = 61178$  toise, sőt Montucla állítása szerint  $1^\circ = 62650$  toise.

## II. Grimaldi optikai vizsgálatai.

A fizikára nézve mindezeknél sokkal fontosabbak Grimaldi optikai önálló vizsgálatai, melyeknek eredményeit a *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride aliisque annexis libri II. Bononiae, 1665.* című művében írta le. Mindamellett,

hogy meg lehetett győződve, miszerint ő a fény természetét gondosabban figyelte meg, mint előtte bárki más, művét kiadni nem merte, s csak két évvel a halála után nyomtatott ki a mű a teljesen kidolgozott kézirat alapján. E kitűnő műnek nagy kárára van az a homályosság és hosszadalmaság, mely a jezsuiták által szerkesztett valamenyny optikai munkában uralkodik.

Grimaldi a diffrakciónak tulajdonképeni felfedezője, s e találmánya, valamint a fény hullámelméletére vonatkozó s általa először kimondott nézetek elegendő jogcímek arra, hogy őt az elméleti optika első művelőjének tekintsük.

Egyes észlelők már Grimaldi előtt is figyelmükre méltatták a diffrakciós tüneteményeket. Leonardo-t már említettük. Maurolycus és Kepler észrevették, hogy valamely szűk nyíláson bebocsátott fénynyaláb képének alakja nem egyezik meg a nyílás alakjával. De mindezek az észleletek inkább esetlegesek valának; az árnyék szélén csíkokat vagy színes tüneteményeket Grim-



aldi előtt senki sem észlelt; ez az észlelet Grimaldi találmánya. Nagyszámú és következetesen végrehajtott kísérletei világosan mutatják, hogy ő teljes tudatában volt annak, hogy itt új tünetekkel van dolga, oly tünetekkel, melyek magyarázata új fényelméletet követel.

Grimaldi művének első könyvében határozottan kifejezi, hogy a fény nem csak egyenes vonalban közvetetlenül, vagy pedig törés és visszaverődés útján jöhet szemünkbe, hanem a fénynek lehet még egy negyedik mozgása is, melyet ő diffrakciónak nevezett.

Grimaldi a fényt keskeny nyíláson át sötét szobába vezette s ezután a fény útjába keskeny testet állított; e test árnyékát fehér ernyővel felfogván, azt tapasztalta, hogy az árnyék szélesebb, mint amilyennek a fény egyenes vonalú terjedésénél fogva lennie kellene; továbbá észrevette, hogy az árnyék szélén világos és sötét csíkok vannak. Rendszerint a keskeny test széleivel párhuzamos három világos csíkot látott; a csíkok széleinek

vörös és kék színezete volt. A kísérlet kellő be-  
rendezése és élénk napfény alkalmazása mellett  
magában az árnyékban is látott csíkokat.

Egy másik kísérleténél a fényt két egymás  
mellett levő szűk nyíláson vezette a szobába. Mi-  
dőn a nyílásokból jövő fénykúpokat fehér ernyőn  
külön-külön fogta föl, a szélükön vöröses árnyé-  
kos fehér korongokat kapott. Az egyszerre felfo-  
gott fénykúpok egymást részben áthatolták s az  
ernyőn felfogott képnek az a része, melyben a  
két fénykorong egymást áthatotta, a közepén vi-  
lágos volt, de a szélei feltűnően sötétek valának.

Grimaldi e tünemény alapján azt állította, hogy  
valamely megvilágított test kevésbbé világossá  
válhat, ha ahhoz a fényhez, melyet kapott, új  
fény járul. Ugyanaz a paradoxon, melyet újabb  
időkben Arago úgy fejezett ki, hogy fény a fény-  
hez adva sötétséget ad.

Miután Grimaldi több rendbeli kísérlettel ki-  
mutatta, hogy a csíkok nem lehetnek sem a visz-

szaverődésnek, sem a törésnek eredményei, azon volt, hogy e tünemények okairól számot adjon.

"Valamint a vízbe vetett kő körül, mondja Grimaldi, a víznek köralakú dudorodásai keletkeznek, épen úgy az átlátszatlan test árnyéka körül ama fényes csíkok keletkeznek, melyek a test alakja szerint vagy hosszant elterülnek, vagy pedig görbülteknek látszanak. S valamint ama körhullámok nem egyebek mint összehalmozódott víz, mely mellett mindkét oldalon egy-egy barázda terül el, épen úgy a fényes csíkok nem egyebek, mint maga a fény, mely heves szétszórás folytán egyenlőtlenül oszlódik szét és árnyékos közök által választatik szét. Végre, valamint a közös vízhullámok szélesebbekké válnak, ha kiinduló pontjuktól távoznak, épen így ugyanazt látjuk a fényes csíkoknál, ha attól a ponttól, melyben gerjesztettek, mindinkább távolodnak. Ez a gerjesztő pont pedig nem egyéb, mint a diffrakció és a fényanyag ütközése épen úgy, midőn az ablaktábla szűk nyílásán belép, mint a szélein

az átlátszatlan testnek, melyet a fénykúpba helyezünk."

E szavakkal a hullámok hipotézise elég világosan ki van fejezve, de amint látjuk, Grimaldi még fényanyagról is beszél. Egyáltalában, hol az anyagi hipotézishez, hol pedig a hullámelmélethez hajlik, vagy pedig a kettőt kombinálja.

Nagyon érdekes még Grimaldi-nak egy másik kísérlete, melyet jelenleg szintén a diffrakciós kísérletekhez kell számítanunk. Ugyanis a sötét szobába bevezetett fényt olyan sima fémlappal verette vissza, melynek fölületén igen finom karcolások voltak. A visszavert sugarakat fehér ernyőn felfogván, azt tapasztalta, hogy a fény a visszaverődés által színessé vált. Grimaldi ez észlelet alapján azt mondja: *lumen non coloratum aliquando coloratur per solam reflexionem*, a színtelen fény némelykor a pusztá visszaverődés által színessé válik.

Ugyanezt a kísérletet Grimaldi-tól függetlenül a francia Deschalesis végrehajtotta, s azt Cursus

seu mundus mathematicus, Lugd. Bat. 1674. című művében közzé tette.

Grimaldi-t nemcsak a diffrakció feltalálójának, hanem még a fény mivoltáról való nézetei alapján a hullámelmélet első harczosának is kell tekintenünk. A sugártörésről alkotott nézetei állításunkat hathatósan támogatják. Szerinte a fény-sugár nem geometriai vonal, hanem elemi sugarakból álló fizikai vonal, azaz fénynyaláb, melynek bizonyos, ámár nagyon csekély vastagsága van. Ha az ilyen nyaláb a törő fölületre esik, mindegyik pontja a törő fölületet egyszerre nem érintheti, tehát míg a sugarak egy része a törő fölületig jő, addig a másik része a közegbe már behatolt; ez az utóbbi rész pedig a levegőnél sűrűbb közegekben lassabban halad mint a levegőben. Ezek a képzeletek teljesen megfelelnek a hullámelméletnek, de hogy aztán miért változtatja meg a sugár az irányát, vagyis hogy miért töretik meg, arról Grimaldi számot adni már nem képes.

Hasonlóképen áll a dolog a színszórással is. Ide vonatkozó kísérleteit üveghasábokkal hajtotta végre. A hasábok a XVII-ik század eleje óta ismeretesek, de feltalálójuk ismeretlen. Az optikával foglalkozó tudósok figyelmét a hasábok és a színszórás mint ezt a Descartes és Dominis példája mutatja, nem kerülhették el, de Grimaldi volt az első, ki a tulajdonképeni színszórást ismerte, mert ő konstataálta először, hogy a hasábra eső fénynyaláb a törés által széthuzatik, de a színes fény különböző törékenységeről és a fehér fény összetételéről határozott képzetek nem igen voltak.

A színek okául a fény benső módosulását tekintik. Szerinte - mint ez a művének második könyvéből világosan kitűnik - a különböző színek a fényanyag megrezdülése folytán jönnek létre. Valamint a hang magassága a rezgések sebességétől függ, épen úgy a fény színe is a fényanyag rezgésének sebessége által módosul. A testek állandó színeit nem tekinté a testek önálló, vagyis a fény hozzájárulása nélkül is meglevő tu-

lajdonságának, hanem, mint nagyon valószínűt, azt a tételt állítá föl, hogy a különböző testek anyagi szerkezetük különbségeinél fogva épen azokat a színeket verik vissza, a melyekben azokat látjuk. Egyáltalában, a színeket, a látszatokat épen úgy mint az állandókat, nem tartotta a fénytől különböző valamelyes dolognak. Látni való, hogy bizonyos tekintetben Grimaldi-t előfutójának tekinthetjük ama szép fölfedezéseknek, melyek a Newton dicsőségét valának szaporítandók.

A Grimaldi művének az optikában korszakot kellett volna alkotnia; de az ő találmányai is csak úgy jártak, mint minden nagy eszme, mely időnek előtte születik. A Grimaldi eszméi hatást nem gyakoroltak, pedig neki nem kellett oly tekintélylyel küzdenie, mint Huyghens-nek, aki Newton ellenében tanait sem kortársaival, sem pedig a későbbiekkel elfogadtatni nem tudta. Csak a midőn Young és Fresnel-nek sikerült, hogy a hullámelméletet jogaiba visszahelyezzék és a gravitáció tanával egyenlőképen szilárd

alapra fektessék, csak ekkor kezdett a fizikusok méltó figyelme az ignorált bolognai jezsuitára fordulni.

Különben lehetséges, sőt nagyon valószínű is, hogy Grimaldi az optika fejlődésének nagy impulzust adhatott volna, ha az általa követett út közepén meg nem áll vala. De mivel neki még nem sikerült, hogy a hullámelméletet oly határozottsággal fejtsse ki, hogy avval a fénytünemények okait az utolsó részletekig földerítse: ott, ahol a fonál elszakadt, ingadozni s oly hipotézisekbe kezdett kapaszkodni, melyeket maga sem tartott valószínűeknek. Már pedig aki új tanokat hirdet, annak nem szabad tétováznia, ha mindjárt az egész tért még nem uralja is.

Kopernikus, Galilei és Kepler sem voltak még urai az általuk művelt egész térnek, s mégis a meggyőződés szülte bátorsággal léptek föl, holott a szerény Grimaldi még munkáját sem merte a nyilvánosságra bocsátani.



## PASCAL

Oly férfúval fogunk most megismerkedni, ki fényes szellemi tehetségeinél fogva korszakalkotó munkásságot lett volna kifejtendő, ha a sors keze testének és szellemének erejét időnek elötte meg nem töri vala. Testét betegség és ideges vérmérséklet törte meg, szellemét pedig a vallásos rajongás; ez utóbbi végre annyira erőt vett rajta, hogy szellemi halála a tudományokra nézve jóval testi halála elötte következett be.

Blaise Pascal 1623. jun. 19-én Clermont-Ferrandban született. Atyja, Etienne Pascal, az auvergnei adó-kamara (cour des aides) elnöke volt, s mint matematikailag is képzett férfú Descartes-, Gassendi-, és Mersenne-nel folytonos összeköttetésben állott.

Pascal már kora ifjúságában elveszíté anyját, kit soha sem ismert, söt úgy látszik, hogy az emberi nem szaporodásáról mint a szellem lealázásáról való misztikus nézetei folytán nagyon kevésre becsülte.

A betegségek és idegesség által nagyon bántott gyermek testileg csak nagyon lassan fejlődött, de szellemileg annál gyorsabban érett. Midőn Pascal nyolcz éves volt, atyja a hivataláról lemondott és Párisba ment, hogy ezentúl minden idejét a fia nevelésének szentelje. Pascal-nak nyolcz éves kora óta atyján kívül más tanítója nem volt.

Hogy mi is a biografusoknak ahhoz a már Plutarch óta bevett szokásához alkalmazzuk magunkat, mely a nagy embereknek az ifjúkorukban elárult tehetségeit és nagy jövőt jósló tetteit különösen kiemeli: el fogjuk mondani, ami erre vonatkozólag Pascal-ról följegyeztetett.

Egyszer valaki az atyja társaságából egy poharat késsel véletlenül megütött; a pohár harang módjára zengett. Az illető, hogy a hang megszűnjék, a poharat az ujjával érinté. Pascal tudni akarta, hogy miért szűnik meg a hang a puszta érintésre, s mivel a kapott felelettel nem volt megelégedve, maga kezdett a dolog fölött elmél-

kedni, sőt mi több, ugyanerről a tárgyról értekezést irt. Pascal ekkor csak 12 éves volt.

Pascal atyja azt akarta, hogy fia minden tehetségét a nyelvek tanulmányozásának szentelje, s mivel a fiúnak a matematika iránti hajlamait jókor észrevette, előtte e tudományról beszélni sem akart. Azonban Pascal-éknál nem egy nagyhírű matematikus fordult meg, s az ifjú, hacsak szerét tehetette, beszédjüket elleste. Egyes felkapott szavak s atyjának folytonos titkolódzása végtére annyira felköltötték kíváncsiságát, hogy kérve kérte atyját, legalább mondaná meg neki, hogy mi legyen az a geometria. Az apa a lehetőleg általános feleletet akarván adni, mondá: a geometria az a tudomány, mely megtanít arra, hogy miképen kell helyes idomokat szerkeszteni, s a közöttük fennálló arányokat feltalálni. Az ifjú Pascal-nak több nem kellett. Szabad óráiban hozzáfogott az idomok rajzolásához, s azokat, a megfelelő műkifejezéseket nem ismervén, önmaga alkotta műszavakkal nevezte el; sőt Euclides első könyvének 312-ik propozícióját, mely szerint

minden háromszögben a szögek összege egyenlő két derékszöggel, minden előleges oktatás nélkül maga bizonyította be.

Épen akkor, midőn a bebizonyítással volt elfoglalva, atyja a szobába lépett. Az ifjú annyira el volt merülve, hogy atyját észre sem vette. Azonban az apa, fiának csodálatraméltó tehetségét látván, többé nem ellenezte, hogy a geometriát tanulja, sőt maga adta kezébe először Euclides-t, aztán pedig Vieta, Roberval s mások munkáit. Pascal mindezeket tanító és magyarázat nélkül azonnal megértette, s ismeretei oly gyorsan gyarapodtak, hogy már 16 éves korában Mydorge, Roberval s más hírneves matematikusokkal összeköttetésben állott.

Ugyancsak 16 éves korában a kúpszeletekről egy könyvet írt, a melyről Descartes sehogy sem akarta elhinni, hogy azt Pascal egyedül írta, hanem azt monda, hogy vagy az atyja, vagy Désargues, vagy más valaki segített neki.

Midőn Pascal egy estély alkalmával Versaillesban hason-korú társaival az udvar előtt egy színdarabot játszott, Aiguillon hercegnő őt mint nagy matematikust mutatta be Richelieu-nek.

Pascal atyja időközben pénzügyi intendánsi hivatalt vállalt el, minélfogva Rouenba kellett mennie. Fiát, hogy a számításoknál segítségére legyen, magával vitte. Az ifjú Pascal, hogy dolgát megkönnyítse, számológép feltalálásán törte az eszét, s csakugyan, 24 éves korában sikerült is egy olyan gépet összeállítania, melylyel a négy alapl művelet végrehajtható volt. E találmányra szabadalmat kapott. Összesen 50 példányt készítettett, s a gépek a szerkezetre nézve többé-kevésbbé mind különböztek egymástól; egy példányt Krisztina svéd királynénak küldött.

A folytonos és megerőltető szellemi munka Pascal-nak amúgy is gyenge egészségét még inkább aláásta. 1647-ben lábai annyira megbénultak, hogy csak mankó segítségével járhatott. Az orvosok minden szellemi foglalkozástól eltiltot-

ták, s három hónapig engedelmeskedett is, de a mint jobban érezte magát, szelleme is újra fölelevenedett, bár szellemének előbbeni rugalmasságát többé nem nyerte vissza.

Ez időponttól kezdve a vallásos elfogultság mindinkább erőt vett rajta, minélfogva tudományos dolgokkal csak ímmel-ámmal foglalkozott. Atyjának két roueni barátja, kik buzgó jansenisták voltak, elhitették vele, hogy testi szenvedéseit felsőbb helyről jövő figyelmeztetésnek kell tekintenie, hogy ezután inkább a lelke üdvösségével, mint a matematikával és a fizikával törődjék. Mindamellett Pascal mégis hozzáfogott azokhoz a vizsgálatokhoz, melyekkel nevét a fizikában megörökítendő vala.

Már említettük, hogy Mersenne Torricelli találmányáról értesítette a roueni vár intendansát, s az ismét Pascal-lal közölte a hallottakat. Pascal mindenekelőtt Torricelli kísérletét ismételte, ezután egy 46 lábnyi (14 m) csővel a kísérletet vízzel és vörös borral hajtotta végre s azt tapasztal-

ta, hogy e folyadékok mintegy 32 lábnyi magasságra emelkednek.

Kísérleteit az *Experiences nouvelles touchant le vuide*, Paris, 1647. című művében írta le. Ebből az iratból kitűnik, hogy a folyadékok emelkedését ő is a horror vacuini tulajdonította, de nem sokára tudomására jött Torricelli magyarázata, mely szerint e tünetények a légnyomásnak tulajdonítandók, s ez a magyarázat Pascalban fogékony talajra talált, és azt azonnal elfogadta. Hogy azonban magát teljesen megnyugtassa, Torricelli kísérletét úgy módosította, hogy a barométert körülövező levegőt el lehetett távolítani. A mit várt, az be is teljesedett, mert a külső levegő eltávolítása után a kénesőoszlop azonnal lesüllyedt.

Bár evvel a kísérlettel, melynek Pascal *preuve du vuide dans le vuide* nevet adott, a légnyomás alaposan be volt bizonyítva, Pascal teljesen még most sem nyugodott meg, s így okoskodott: abban az esetben, ha valóban a légnyomás az, a mi

a kénesőoszlopot felemeli, akkor ez oszlopnak valamely magasabb hegy tetején alacsonyabbnak kell lenni, mint a völgyben. Mivel a kísérlet Rouenban nem volt végrehajtható, sógorának, Periernek, ki a Puy-de-Dôme tövében fekvő Clermontban lakott, levelet írt s őt a kísérlet végrehajtására fölkérte.

Perier a kísérletre szívesen vállalkozott, s azt a lehető legnagyobb gonddal rendezte be. Két 4 lábnyi üvegcsőből s tisztított kénesőből edénybarométerekeket készített s azokat skálával látta el. 1648 szept. 19-én a hegy tövénél a kéneső mind a két csőben 26 hüvelyk és 3.5 vonalnyira emelkedett. Ezután az egyik csövet átadta Chastin páternek, és megbízta, hogy azt az egész napon át észlelje, a másik csővel pedig a hegyre ment föl. A 3000 lábnyi magasságú hegy tetején a kénesőoszlop csak 23 hüvelyk és másfél vonalra emelkedett. Ezenkívül megfigyelte az oszlopot a hegynek alacsonyabb fekvésű pontjain is, s azt tapasztalta, hogy e pontokon az oszlop már magasabb, míg végre a hegy tövénél ismét 26 hü-



velyk és 3.5 vonalnyira emelkedett, arra a magasságra, melyet Chastin az egész napon át észlelt.

Pascal a sógora kísérleteit 1648-ban írta le, s azokból azt következtette, hogy a barométer segítségével két helynek magasság különbsége meg volna határozható, de a törvényt, mely szerint a légnyomás a magasság növekedtével fogy, nem ismervén, méréseket nem hajthatott végre. Pascal csak azt tudta eldönteni, vajjon két hely a tengerszínétől egyenlő magasságban van-e vagy sem.

Pascal a sógora kísérleteit Párisban, a St. Jacques de la Boucherie templom tornyán ismételte. A templom 1789-ben leromboltatott, de a torony még most is megvan, s földszinti csarnokát Pascal-nak Páris városa emelte szobra díszíti.

Pascal-nak köszönhető, hogy 1649-től 1651-ig Páris-, Clermont- és Stockholmban barométeres rendes észleletek tétettek. Az utóbbi városban Descartes is részt vett az észleletekben. E megfi-

gyelésekből kitűnt, hogy a légnyomás változásainak közvetetlen oka nem a levegő mérsékletében rejlik, hanem hogy a légnyomásra a szelek jelentős befolyással vannak.

Pascal a levegő és a folyadékok gyakorolta nyomásról szóló tant a *Traité de l'équilibre des liquéurs et de la pesanteur de la masse de l'air* című művében fejtette ki, mely azonban csak halála után, 1663-ban jelent meg.

E műben a többi között kimutatta a légnyomás szerepét a szívók, fecskendők stb. működésénél; továbbá kiszámította a légnyomást bizonyos fölületre, még pedig oly formán, hogy a nyomást egyenlővé tette 28 hüvelyknyi kénesőoszlopnak vagy pedig 32 lábnyi vízoszlopnak arra a bizonyos fölületre gyakorolt nyomásával; kiszámította még az egész légkörnek a földre gyakorolt összes nyomását s ezt  $828388944 \times 10^{10}$  fontnak találta. Végre a folyadékok nyomását tárgyalta, de ez a rész csupa ismeretes tételekre szorítkozik.

Ugyanennek a műnek Előszavában Galilei-ről egy olyan adomát közölt, mely csakhamar széles körben ismeretessé vált, sőt még mai napság is forgalomban van.

Pascal elbeszélése szerint egy flórenczi kertész bejelenté Galilei-nek, hogy az egyik új szivattyú nem képes a vizet 18 rőfnél magasabbra emelni. Galilei ezt csak akkor hitte el, mikor a saját szemével látta. Ezután megvizsgálta a szivattyút s mivel nem talált rajta semmi hibát, gondolkodóba esett. Végre kisütötte, hogy a víz a horror vacui, azaz az űrtől való irtózás folytán a csőben fölemelkedik ugyan, de az irtózás 18 rőfnél eléri a határát.

Hogy mit kelljen tartanunk ez adoma történelmi értékéről, azt Galilei életrajzában már megjegeztük. Libri méltán vonja kétségbe ez elbeszélés igazságát.

Pascal fizikai vizsgálatait mellett nem lett hűtlen régi kedves tudományához, a matematikához. Miként kortársai, úgy ő is különös szeretet-

tel foglalkozott a cikloissal és 1658-ban a *Histoire de la Roulette* című művében az erre a vonalra vonatkozó vizsgálatok kritikai történetét írta meg; e vonalról Amos Dettonville álnév alatt 1658-ban két feladatot is tűzött ki. Ez az álnév anagrammás kombinációja volt egy másik, Louis de Montalte, álnévnek, mely alatt híres *Lettres provinciales*-jait írta. Mivel a megfejtések, melyek Carcavi-nak küldettek be, kielégítők nem valának, 1659-ben saját megfejtéseit közölte (*Lettres de Mr. Dettonville à Mr. Carcavi* cím alatt).

Rendkívüli tehetségei mellett a tudományok érdekében többet is tehetett volna, mint a megnyitott. Azonban 1647 óta mindinkább bemerült a vallásos merengésekbe; testi szenvedései is nagyon elkedvetlenítették. Végre arra a meggyőződésre jutott, hogy a religió az egyedüli az emberi szellemhez méltó foglalkozás. Vallásos és filozófiai munkái magukon hordják eme szellemi állapot bélyegét.

A nem tudományos művei között a leghíresebb, sőt történelmi fontosságú az említett Lettres provinciales. E munkának, melyet "Levelek egy vidéki baráthoz" cím alatt kezdett meg, tulajdonképeni célja az volt, hogy a jansenistákat védelmezze, de jelenleg azt a jezsuiták ellen intézett támadásnak tekintik. Élczes, szellemes és iróniája által félelmes irálya még napjainkban is a művelt francia nyelv mintaképe, s e munkát olvasva, egészen elfeledjük, hogy az alázatos lelkű és vezeklő Pascal-lal van dolgunk.

1654 október havában a Neuilly-hídon kocsi-val átmentében lovai megbokrosodtak s elragadták. Pascal szerencsésen megmenekült ugyan, de eme megmenekülésében is a felsőbb hatalmak intéző kezét látta. Ez az eset komorságát annyira növelte, hogy élte utolsó éveit legnagyobbbrészt imádkozással és a szentírás olvasásával töltötte. 1662 jun. 29-én nővéréhez, Perierné asszonyhoz, költözött. Testi szenvedései folyton növekedtek, s a mikor környezete szomorú állapota fölött sajnálkozását fejezte ki, így kiáltott fel: "Ne sajnál-

jatok engem, a betegség természetes állapota a kereszténynek, mert akkor ő olyan, a milyennek mindenkor kellene lennie: nincsenek javai, nincsenek érzéki gyönyörei.

Pascal 1662 aug. 19-én, mint Torricelli, 39 éves korában halt meg. Eltemettetett a St. Étienne-du-Mont templomban, hol azonban csak síremléke található fel.

Michelet Genlisné asszony nyilatkozatai alapján azt beszéli, hogy az orleánsi herczeg 1789-ben Pascal holttestét kiásatta, hogy alchímiai kísérleteket tétessen vele, azonban ez állításnak valóságát mi sem támogatja.

Pascal összes munkáit 1779-ben Bossut 15 kötetben, 1819-ben pedig Lahure 6 kötetben adta ki Párisban.

# GUERICKE



OTTO DE GUERICKE

Saxoniae ac Potentiss. Elector. Brandeb.  
Consiliarius ac Civitat. Magdeb. Consul

Engraving by Johann K. Schlegel in 1710

Guericke azon fizikusok közé tartozik, kik nem azért foglalkoznak a fizikával, hogy kizárólag annak vagy abból éljenek, hanem a természet s ennek törvényei iránti lelkesedésüktől elragadtatva ama tudományt csak azért művelik, hogy az igazság földerítésének nemes munkájában tényleges részt vehessenek.

Az ilyen fizikusok között a tehetség a kitartó szorgalommal kevésben, vagy talán egyikben sem párosult oly nagy mértékben, mint Guericke-ben. Ő nem volt ugyan fizikus a "mesterségére nézve", de mindamellett sokkal többet lendített a tudomány ügyén, mint sok nagyhírű német kortársa, kik professzióból voltak ugyan fizikusok, de csakis az úgynevezett Gelehrt-samkeit által tűntek ki, s az utókor neveiket már alig emlegeti.

Otto von Guericke 1602. nov. 20-án Magdeburgban született; atyja ugyane városban "Schultheis" és bíró volt.



Guericke magát a jogi pályára képezte ki; 1617-ben a lipcsei, 1620-ban a helmstadti s 1621-ben a jenai egyetemen a jogot hallgatta.

Azonban a nevezett tanintézeteken szerzett ismeretei őt nem elégítették ki. Hogy magát a matematikai tudományokban is kiképezze, 1623-ban Leydenbe ment, s az itt szerzett ismeretei kibővítése végett Angol- és Francziaországba utazott.

Külföldi útjáról visszatérve, szülővárosában telepedett le, hol 1627-ben városi tanácsossá választatott. Itt kellett átélnie a harminczéves háború egyik legborzalmasabb epizódját, szülővárosa elpusztítását.

A császári sereg 1631-ben Magdeburgot rohammal bevette s három napig rabolt és gyilkolt. Hogy Guericke is életveszélyben forgott, azt könnyű elképzelni, mert a város 36,000 lakója közül csak 400 mentette meg életét. Guericke megmenekült ugyan, de a császáriak fogságába

került s szabadságát csak 300 tallérral válthatta meg.

A szerencsétlen várost a következő évben a svédek szállották meg. Guericke ekkor svéd szolgálatba lépett, s egyideig Erfurt várának főmérnöke volt. A svédek elvonulása után visszatért szülővárosába. A közügyek érdekében kifejtett munkásságának köszönhető, hogy 1646-ban a város polgármesterévé választatott.

Mint polgármester a szülővárosa körül nagy érdemeket szerzett. A westphali békében (1648) Magdeburg a brandenburgi választófejedelem-séggel egyesítettett, s mivel a magdeburgiak eme határozatnak ellenállottak, a városra nagy sarcz vettetett, mely sarcz alól csak Guericke sikeres föllépése folytán menekedhetett meg.

A brandenburgi választófejedelem, kinek *Experimenta de vacuo* című iratát ajánlotta, őt tanácsosává nevezte ki. Guericke ekkor már a vacuumra vonatkozó sok kísérletet hajtott végre. Kísérletei annál is inkább figyelemre méltók, mi-

vel Torricelli-nek s más kortársainak idevonatkozó vizsgálatai előtte ismeretlenek valának. Úgy látszik, hogy az ókori és az újabb filozófusoknak a vacuumra vonatkozó fejtegetései voltak azok, melyek őt a kísérletek útjára terelték.

Guericke a legelejéről kezdte a dolgot; először is meg akarta tudni, vajjon egyáltalában van-e vacuum? E kérdést megfejtendő, egy hordót színig megtöltött vízzel, s a hordó nyílását lefelé fordítva, fecskendőt dugott bele. Guericke azt várta, hogy a víz, sulya miatt, követni fogja a fecskendő dugóját, s a hordóban ür fog maradni. De csatlakozott, mert mindamellett hogy három ember teljes erővel dolgozott, csak nagyon kevés vizet szivattyúzhattak ki, s az egész munka folyamában sajátságos sziszegést és a víz forrásához hasonló dübörgést hallottak.

Guericke átlátta, hogy e dübörgés a fa likacsain a hordóba tóduló levegőnek tulajdonítandó. Hogy a levegő belépését megakadályozza, második kísérleténél kisebb hordót használt s azt víz-

zel megtöltött nagyobb hordóba állította. A dübörgés megszűnt ugyan, de a víz most sem volt kiszivattyúzható.

Most még egy harmadik kísérlethez folyamodott: a fecskendőt egy, csakis levegővel megtöltött rézgolyónak nyilásával kötötte össze, s hogy a levegő súlyánál fogva leeshessék (Guericke a levegő rugalmasságát ekkor még nem ismerte), a golyót nyilásával lefelé fordította. Néhány dugóhúzás után a csapot elzárta s a fecskendőt eltávolította. A csapot megnyitván, a külső levegő sziszegéssel a golyóba tódult.

E kísérletekből kiderül, hogy Guericke a légnyomást önállóan találta föl, harmadik kísérletétől, mely már a légszivattyú elvét képviselte, a tulajdonképeni légszivattyú feltalálásához már csak egy lépést kellett tennie.

Guericke az első légszivattyút 1650-ben, tehát mintegy 7 évvel az Accademia del cimento megalapítása előtt állította össze. Készülékének főalkotórésze egy meggörbített tágas fémcső volt;

ennek egyik szára függélyesen állott s felső végén csappal volt ellátva, a másik szár pedig oldalt fölfelé hajlott, s nyéllel ellátott bőrdugó illeszkedett bele.

Guericke a ballont, melyet kiüresíteni akart, a függélyes szár felső végével kapcsolta össze; a dugó kihúzásánál a csapot megnyitni, a visszataláznál pedig elzárni kellett. Összesen három ember kezelte ezt a készüléket, melyet, hogy légzáró legyen, vízzel kellett körülövezni.

Evvel a nagyon tökéletlen készülékkel (melyet azonban 1663-ban már tetemesen javított) az 1654-iki regensburgi birodalmi gyűlés alkalmával, bízgatva Schönberg mainzi választó-fejedelem által, több nyilvános kísérletet tett.

E kísérletek, melyek közbámulatot keltettek s a melyek Guericke hírért csakhamar megalapították, a következők valának. Egy  $3/4$  rőfnyi átmérőjű rézhengerbe légzáró s a felső végén csigára vetett kötéllel összekötött dugót tett. A kötélmásik vége 50 ágú volt, hogy azt ugyanannyi ember

foghassa, tehát a dugót felhúzhassa. Midőn a dugó, nagy erőlködés árán, már kissé felhúzatott, Guericke a rézhenger alsó végére egy olyan ballont csavart, melyből a levegőt megelőzőleg kiszivattyúzta. Midőn a ballon csapját megnyitotta, a hengerben levő ritkított levegő a ballonba tödult, s az ötven ember, minden erőlködés daczára a levegőbe emeltetett!

Egy másik kísérletét két egymásra illeszthető féltekével hajtotta végre. E készüléket jelenleg is magdeburgi féltekéknek nevezzük. Azonban Guericke féltekéi majdnem egy rőfnyi átmérőjűek valának, minélfogva azokat az eléjük fogott nyolcz-nyolcz ló is alig bírta széthúzni. E kísérletet később még nagyobb féltekékkel ismételte, minélfogva a széthúzáshoz már 24 ló kellett!

Guericke különösen kedvét lelte abban, ha kísérleteit mentül nagyobb közönségnek mutathatta be. S valóban a "nagyban" végrehajtott kísérletek közbámulatot keltettek, minek megvolt az a jó

oldala, hogy az ismeretek tágasabb körbe szivárogtak.

Guericke hivatalát 1681-ig viselte, a mikor is arról önként lemondott. 1686-ban fia látogatására Hamburgba ment, de ugyanitt rövid idő múlva, 1686. máj. 11-én elhunyt. Eltemettetett a hamburgi Nicolai templomban, de tetemei később Magdeburgba vitettek.

Guericke az ő kísérleteit mind leírta; munkája 1672-ben Ottonis de Guericke Experimenta nova magdeburgica cím alatt Amsterdamban jelent meg.

A légszivattyú feltalálása a későbbi vizsgálatok könnyű és kényelmes megejthetése tekintetéből nagyon jelentős esemény volt. Jelenleg alig képzelhetjük, hogy mennyit vesződtek az Accademia del cimento tagjai, kiknek légszivattyúja a barométer, s vacuumjok a Torricelli-féle ür volt! Nem is fejeznénk ki valami rendkívüli elismerést Guericke iránt, ha a légszivattyú harangjának

üres terét, mint régebben szokás volt, Guericke-féle ürnök neveznök.

Azonban a légszivattyú és a regensburgi kísérletek Guericke-nek korántsem az összes érdemei. Nagyszámú többi kísérletei, bár új tényekkel nem gyarapították is a tudományt, fejlesztésére mégis nagy befolyással voltak.

Említettük, hogy Guericke a levegőt rugalmatlannak képzelte. Később meggyőződött eme nézet téves voltáról, sőt a levegő rugalmasságát direkt kísérletekkel is bebizonyította. Ezek között a leginkább meggyőző volt az, melynél egy üres, és egy levegővel telt ballont úgy kapcsolt össze, hogy az üres fölül, a levegővel telt pedig alul volt. Midőn a két ballont elválasztó csapot megnyitotta, a levegő az alsó ballonból, erős sziszegés kíséretében azonnal a felsőbe lódult. Ebből, s más ehhez hasonló kísérletekből azt következtette, hogy a légkör alsóbb rétegei sűrűbbek mint a felsők.



Guericke ismerte a szélpuskát is, s ezt a levegő sűrítésére használta. Azonban a légsűrítő és a szélpuska már jóval Guericke előtt is ismeretesek valának. Nürnbergi krónikák szerint Hans Lob-singer már 1560-ban készített egy szélpuskát; Mersenne szerint pedig Marin normandiai polgár IV. Henrik francia király számára készített egy ilyenmű fegyvert. A légsűrítő feltalálását pedig az alexandriai Ktesibius-nak, a Hero kortársának tulajdonítják.

Guericke a barométerrel csak a regensburgi gyűlésen ismerkedett meg, azonban már annak előtte állított össze egy készüléket, melyet vízbarométernek lehetne nevezni, mert abban a kén-esőt víz pótolta. Több üvegcsövet addig toldott egymáshoz, míg végre egy 19 rőfnyi csövet kapott, s e hosszú csőben a vizet légszivattyúja segítségével addig emelte, a meddig csak lehetett, s ekkor a csövet fölül elzárta. Mármost azt tapasztalta, hogy a vízoszlop az elzárás után sem esik le, hanem mintegy 32 lábnyira állva marad. Együttal észrevette, hogy az oszlop magasságára az

időjárásnak tetemes befolyása van, sőt azt is állította, hogy az időjárást, nevezetesen a viharokat evvel a készülékkel előre meg lehet jósolni.

A készüléket *semper vivum*-nak nevezte s az észlelésre az által tette alkalmasabbá, hogy a víz-oszlop tetejére olyan fabábot helyezett, mely egyik karjával a csőre tett skálára mutatott. A skálára az időjárást is följegyezte. A nép ezt a készüléket, mivel ebből a bábon kívül egyebet nem látott, *Wettermännchen*nek nevezte.

Guericke még megmutatta, hogy a hang a *vacuum*-ban nem terjed, mely kísérletet az *Accademia del cimento* tagjai és Rómában Caspar Berti (az utóbbi ugyancsak egy vízbarométerféle eszközzel) is végrehajtották. Sőt azt is megmutatta, hogy a levegő egy részét az égés elfogyasztja.

Végre még két találmányáról kell megemlékeznünk: a manométerről és az elektromos gépről.

Guericke manométere persze nem volt még kéneső- vagy fémmanométer, hanem az a készü-

lék volt, melyet a levegő súlyos voltának bebizonyítására jelenleg is használunk, azaz olyan mérleg volt, melynek egyik karján serpenyő helyett egy ballon, másik karján pedig a ballont egyensúlyozó fémgolyó

lógott. A ballon légritkított térben annál mélyebbre süllyedt, mentül nagyobb volt a ritkulás, s Guericke a süllyedésből a ritkulás fokára következtetett. Azonban ez a készülék nem volt olyan szubtilis, mint a jelenlegiek, mert mint minden készüléke, úgy ez is roppant nagy volt; a ballon maga egy lábnyi átmérőjű volt!

A másik találmány az elektromos gép, ha ugyan elektrom-gépnek nevezhetjük a Guericke készülékét, melynek főalkotórésze egy kengolyó volt, melyet úgy készített, hogy egy üveggömbbe megolvasztott ként öntött, s miután a folyós tömeg megkeményedett, az üveget eltörte. Dörzsölő szerül az emberi kezet használta. Evvel a gyarló eszközzel, melyen a konduktor, az elektromos gép egyik leglényegesebb alkotórésze hiányzott,

fölfedezte az elektromos taszítást, melyet Gilbert még nem ismert. Szikrákat persze nem kapott, mindazonáltal lehetett a serczegést hallani és sötétben némi fénytüneményeket - az elektromosság szétszórt fényét - látni. Guericke még azt a nevezetes észleletet tette, hogy az elektromos test által vonzott s aztán eltaszított könnyű testet amaz csak akkor vonzza újra, ha emez valamely nem elektromos más testtel érintkezett.

Még egy harmadik készülékről lehetne szólnunk, melyet szintén Guericke szerkesztett. Ez egy sajátyszerűen összeállított hőmérő volt. Guericke egy U-alakú rézcső egyik végére levegővel megtöltött rézgömböt erősített, a másik végét pedig nyitva hagyta s a cső két szárát borszeszszel választá el. A nyílt szárban a borszesz fölületén fadarab úszott, a fadarabot pedig csigára vezetett fonálhoz erősítette; a fonál másik végén csüngő báb a rézgolyó melegítésénél vagy hűtésénél le-sülyedt, illetőleg fölemelkedett és egy skálára mutatott, melynek legalsó rovására (magnus calor, a legfelsőre pedig magnum frigus volt írva;

különben az egész skála csak 7 rovásból állott. Ez a készülék épen úgy mint a Galilei hőmérője, egyuttal barométer is volt, minélfogva nagyobb hasznát csak akkor lehetett volna venni, ha Guericke a levegő nyomását is számításba hozhatta volna, mit ő azonban ép oly kevésbé tehetett, mint Galilei.

## BOYLE

Boyle, a "nagy experimentator", épen úgy mint Tycho és Huyghens, előkelő származású természettudós volt. Azonban teljes életén át kifejtett munkássága magasabbra emelte mint születése. Áldozatkészséggel párosult tevékenysége a természettudományokat számos fölfedezéssel gyarapította s benne feltalálhatjuk mindazokat a vonásokat, melyek a tudományért önzetlenül lelkesedő férfiút jellemzik. Hogy a jelenkorban ritkábban találkozunk nevével, mint a mennyiszer a tudományra nézve fontos egyéni jelentősége miatt találkozoznunk kellene, annak oka egyrésztől abban rejlik, hogy fölfedezései nagyrészt elavultak, másrésztől pedig abban, hogy az általa felállított tanok, melyeken nagyon is meglátszik a kezdet nehézsége, később általánosabb szempont alá kerültek. Némely író az ő működésének eredményeit nem alaptalanul hasonlítja össze Tycho-éival; mind a ketten, persze más-más téren, nagy mértékben készítették elő a haladás és töké-

letesedés útját; neveiket nem annyira a tudomány, mint inkább a tudomány története, de ez aztán annál hálásabban, említi föl.

## I. Boyle élete.

Robert Boyle 1626 febr. 25-én Lismoreban, Irlandban, született; hetedik fia volt Richard corki grófnak, Irland kormányzójának. Richard oly tapintatosan vezette Irland ügyeit, hogy őt a "nagy gróf"-nak nevezték, s Cromwell azt mondá róla, hogy az irlandi lázadás soha sem tört volna ki, ha mindegyik tartománynak olyan embere lett volna, mint Richard.

Mivel Robert Boyle gyenge és beteges anyjának némely testi bajait örökölte, atyja mindenekelőtt arra törekedett, hogy a természet hiányait nevelés által pótolja. Egészséges falusi dajkát fogadott melléje s meghagyta, hogy úgy nevelje fiát, mintha saját gyermeke volna. Boyle hét éves koráig a dajka fölügyelete alatt maradt; nevelése abban állott, hogy tehetett a mit akart; játszhatott, szaladgálhatott kénye-kedve szerint, nevelője

még arra sem törekedett, hogy őt a dadogásról megszoktassa. Richard nem akarta fiát városba küldeni, mert "a városban a gyermekeket úgy óvják a naptól és esőtől, mintha vajból és cukorból volnának alkotva."

Midőn Boyle hét éves volt, nevelését atyja vette át, de nem sokára udvari káplánja vezetésére bízta. Az utóbbinak főtörekvése pedig az volt, hogy a gyermeket az anglikán egyház szelleme szerint vallás-erkölcsös irányban nevelje.

Azonban az ifjú Boyle már nyolcz éves korában elhagyta a szülői házat, s egyik bátyjával együtt a Windsor melletti Eton-college-be küldett, hol három évig maradt ugyan, de nem nagyon sokat tanult. A latin nyelvben odáig vitte, hogy Quintus Curtiust, Nagy Sándor történetíróját eredetiben olvashatta; úgy látszik, hogy ez az olvasmány kedveltette meg vele a tudományokat, mert később gyakran mondogatta, hogy Quintus Curtius nekem több hasznot hajtott, mint Nagy Sándornak".



Tizenegy éves korában atyja őt Stalbridge-be, a dorseti grófságba, Dauch lelkészhez, egyik rokonához küldötte. Ez folytatta a félbeszakított oktatást s fokozta a gyermek vallásos érzületét, melyet egész életén át meg is őrzött.

1637-ben egyik bátyjával és egy francia nevelővel külföldi útra indult. Dieppe, Páris és Lyon át Genfbe mentek, mely városban a nevelőnek családja lakott.

Genfben mintegy négy évig tanult a két testvér; innét Olaszországba mentek, hol különböző városokban tartózkodtak; 1642-ben, tehát Galilei halálának évében, Flórenczben voltak. A következő évben más országok felé vették útjukat. Azonban Marseilleben levelet kaptak, melyből arról értesültek, hogy Irlandban lázadás tört ki, s atyjuk meghagyta, hogy azonnal térjenek vissza. De mivel pénzük fogyatékán voltak, rögtön nem indulhattak el, s csak 1644-ben tértek vissza, de ekkor atyjuk már halva volt.

A 18 éves Boyle-ra nagy örökség szállott, de azért buzgón folytatta tanulmányait s a kapott vagyon nagy részét kiképzésére fordította.

A tudományok mellett különös buzgalommal foglalkozott a vallással. Mivel a szentírás némely helyeit világosan nem értette, elhatározta magát, hogy a keleti nyelveket, különösen pedig a hébert, meg fogja tanulni. Ezen kívül kitűnő theológusokkal összeköttetésbe lépett, sőt vallás-filozófiai munkákat is írt.

Tehetségei már első irataiban nyilvánultak; de Cromwell idejében az angol közönség az irodalommal nem igen törődött; így eshetett meg hogy Boyle iratai sem keltettek figyelmet.

Boyle még egyszer elment Franciaországba, s innét 1645-ben visszatérve, stalbridgei birtokára vonult vissza, hogy itt, nem törődve a politikai heves mozgalmakkal, minden idejét - s hozzátehetjük, minden vagyonát - a tudományoknak szentelje.

Boyle nagy terven törte fejét. Ugyanis hazája tudósait, hogy a tudományokat egyesült erővel művelhessék, társaságba akarta összegyűjteni. Jeles férfiak, mint például Hook, Hastlieb, Glisson, Wallis és Wren, el is mentek Stalbridgebe, s itt hazájuk szomorú viszonyai között a tudományokban kerestek menedéket és vigasztalást.

Ez a kicsiny társaság a hiúzok akadémiájának módjára szervezkedett s furcsa cím tekintetében sem maradt el az olasz akadémiáktól, mert magát a láthatatlanok társaságának nevezte.

Boyle legbehatóbban a fizikával és a kémiával foglalkozott, azonban a természettudományok egyéb ágaiban sem akart hátramaradni, s mivel még szükségesnek látta, hogy magát az orvosi tudományokban is kiképezze, az oxfordi egyetemre ment, hol a doktori méltóságot meg is kapta, s baráti összeköttetésbe lépett Sydenhammel, a híres orvossal.

Némely író szerint Boyle a legbuzgóbb híve volt Baconnak, s csakis az észleletektől és kísér-

letektől kért tanácsot, sőt a Baco empirizmusában annyira ment, hogy nemcsak hogy Aristoteles-t vetette el, hanem egyáltalában minden elmélettől irtózott. Ez azonban nem áll. Igaz ugyan, hogy Boyle nem sokat törődött az elméletekkel, de Baco nevét soha még csak nem is említette, már pedig, ha a híres empiristának buzgó híve lett volna, legalább nevének fölemlítésével tanúsíthatta volna iránta való tiszteletét.

Boyle-nak a politikai válságok közepette gyakran kellett lakóhelyét változtatna s készülékeit ide-oda czipelnie. Természetes, hogy ilyenkor vizsgálatai megszakítást szenvedtek. A worcesteri csata után három évig írlandi birtokain maradt, s befejezte a már 1635-ben megkezdett tanulmányát a szentírásról.

Mikor a nyugalom mind a három királyságban helyreállott, Boyle Oxfordba ment, hogy itt a láthatatlanok társaságát újra szervezze. Sikerült is neki új tagokat a maga körébe vonni, s az így restaurált társaságot filozófiai társulatlak nevez-

te. A társaság Cross patikáros lakásán tartotta gyűléseit, s mivel tagjai mindannyian tory-k, azaz királypártiak valának, nagyon csöndesen viselte magát, a mi Cromwell protektorátusa idejében nagyon tanácsos is volt.

Boyle Oxfordban rendkívüli tevékenységet fejtett ki. Külön laboratóriumot építtetett, művészeket és iparosokat hívott meg, hogy az általa tervezett eszközöket elkészítsék. Ő maga mondta, hogy örül magas származásának, mert ha közönséges család sarjadéka volna, aligha lett volna elég vagyona tudományszomjának csillapítására. Fájdalom, Kepler nem beszélhetett így!

1680-ban Denis Papin is fölvétetett a filozófiai társulatba. Ez a sokat hányatott jeles férfiú 1647 aug. 22-én Bloisban protestáns szülőktől született. Párisban az orvosi tudományokat tanulta, de úgy látszik; hogy a doktori címet az akkori orleansi egyetemen kapta. Azonban a fizika iránti hajlamai szellemét egészen más irányba terelték. Miután megnyerte volt Colbert nejének kegyeit,

az akkoriban Párisban tartózkodó Huyghens mel-  
lé mint segéd alkalmaztatott, s Huyghens-szel a  
Louvre könyvtárában lakott. Papin-nek legtöbb  
dolga volt avval a géppel, melynél Huyghens  
mozgató erőül a puskaport alkalmazta.

Papin 1675-ben Párist ismeretlen okokból oda-  
hagyta s Angolországba ment. Hazájába többé  
nem is tért vissza, mert a nantes-i ediktum ér-  
vénytelenítése után még a Francziaországban la-  
kó protestánsoknak is ki kellett vándorolniuk.  
Papin, ha vallását megtagadta volna, visszatérhe-  
tett volna, sőt a párisi akadémiában hely is volt  
készítve számára, de inkább az örök száműzetést  
választá, semhogy magát a kívánt föltételeknek  
alávesse.

Kevéssel 1675 előtt fejezte Le Nouvelles expé-  
riences sur le vuide című művét, melyben a lég-  
nyomásra vonatkozó kísérletein kívül az általa  
összeállított légszivattyút írta le. Papin beállított  
Boyle-hoz, ki őt tárt karokkal fogadta, s kísérle-  
tező ügyességét fölismervén, dolgozó társának

szegődtette. Boyle és Papin mintegy négy évig a legszebb egyetértéssel munkálkodtak, s Boyle mindig a legnagyobb elismeréssel emlékezett meg a nálánál sokkal fiatalabb Papin-ről.

Midőn II. Károly lépett 1649-ben lefejezett atyjának, I. Károlynak trónjára, a filozófiai társaság áttette székhelyét Londonba. Boyle is Londonba költözött s nővéréhez, lady Ranelagh-hez ment lakni, s egészen haláláig nála maradt. A ladyben a hű és a házias feleség (Boyle soha sem volt nő) és a szerető testvér minden erénye megvolt; sőt a lady gondjai fivérének birtokaira is kiterjedtek, minélfogva Boyle-nak mindenkor csak a készhez kellett nyúlnia, mi által nagyon sok időt nyert. Miután így gond nélkül élhetett, elvetette Clarendon ajánlatát, a ki őt a papi pályára akarta édesgetni s ezen pályán fényes jövőt és magas állásokat jósolt. A jámbor Boyle efféle méltóságokról hallani sem akart.

A filozófiai társaság gyűjtőpontja Boyle volt; körülötte csoportosultak a tagok, kiknek munkás-

ságát II. Károly annyira méltatta, hogy a már az előtt is protegált társulatot 1662-ben "királyi társulat" (Royal Society) rangjára emelte.

Ez a társulat tagjai dolgozatait 1665 óta Philosophical Transactions czímen teszi közzé; a konzervatív angolok ezt a címet napjainkig megtartották.

A Royal Society egyike a legtekintélyesebb tudományos társulatoknak. Tagjai nem húznak fizetést, sőt ellenkezőleg, maguk fizetnek díjakat. Ez által a társaság függetlenségét megőrzi ugyan, de sokszor épen pénzügyi szempontból oly tagokat is be kell választania, kik tudományos kvalifikációval nem igen dicsekedhetnek.

A társaság működéséről fogalmunk lehet, ha meggondoljuk, hogy 1860-ig 154 negyedrétkötetet adott ki. E kötetekben mindig találkoznak elsőrangú tudósok értekezéseivel, mert kitűnő férfiakban a Royal Society hiányt soha sem szenvedett.



E rövid kitérés után, melylyel Boyle-nak, mint a társulat egyik alapítójának, hozzája méltó historiai háttért akartunk festeni, még az ő egyéniségéről fogunk egyet-mást elmondani.

Boyle csendes természetű ember volt. Szeretett problémákat kitűzni s ez által vitákat előidézni, de ő maga a vitákban nagyon nyugodtan viselte magát. Modora, miként az egész életmódja, egyszerű volt. Bár többször meghívatott az udvarhoz, hol tanácsát fontos ügyekben kikérték, szerénysége állandó maradt. Politikai maximája ez volt: "minden politikának oda kell törekednie, hogy az embereket jobbakká és boldogabbakká tegye".

A vallás nagyon érzékeny oldala volt. Ha ellenfelei - s nem ellenségei, mert ilyenek nem voltak - őt tudományos kérdések ügyében megtámadták, nyugodtan és higgadtan felelt. Ha azonban vallásos érzülete ellen intéztek támadást, akkor haragossá és ingerültté vált, pedig éppen vallási iratai miatt volt a legtöbb támadásnak kitéve.

A híres Swift, a Gulliwer szerzője, Boyle-t külön iratban gúnyolta, s iratának "Vallásos elmélkedések a seprűnyélről, Boyle nemes módja szerint" czímet adott. Swift különben nemcsak Boyle-t, hanem általában az egész filozófiai társaságot akarta nevetségessé tenni. "Az egyik, mondja Swift, már 20 vagy 30 év óta törekszik, hogy a napsugarakat palaczkba zárja; hogy nyáron annyi fényt és hőt gyűjtsön, hogy télire ellássa magát; a másik pókhálókön experimentál" stb. Egyébiránt Boyle-t nem Swift, hanem Stubbe, a filozófiai társaság leghevesebb ellensége, bosszantotta legjobban.

Boyle, rendes életmódja mellett is mindinkább elgyengült; látását majdnem teljesen elvesztette. Élete hű kísérőjének, lady Ranelagh-nek halála oly kínos benyomást tett reá, hogy őt csak nyolcz nappal élte túl.

Boyle 1691 decz. 31-én halt meg. Eltemettetett az angol pantheonban, a westminsteri apátság-

ban. Mondják, hogy ezt a furcsa sírverset szerkesztették számára:

He was the father of chemistry,  
And brother of the earl of Cork.

Mindamellett hogy Boyle műveinek egy része elpusztult, fenmaradt iratainak száma igen nagy. Munkáit Shaw összegyűjtötte s a következő cím alatt adta ki: The philosophical Works of the honorable R. Boyle, abridged, methodised and disposed by P. Shaw, London, 1738. (8 kötet; Új kiadás Birel által: London, 1744., 5 kötet).

II. Boyle dolgozatai a légszivattyúval. - A levegő rugalmassága.

Ha Boyle-t valamelyik föllelkesült honfitársa a chemia atyjának nevezte, evvel nem mondott méltatlan dicséretet. Az, a mit ő a chemia terén hozott létre, az ő korában nagyobb jogot tarthatott az alapvető új találmányok hírére és dicsőségére, mint az, a mivel a fizikát - s hozzá tehetjük, csakis a kísérleti fizikát - gazdagította.

Boyle az elméleti spekulációkra nem nagy súlyt fektetett; dolgozatai tisztán az experimentálás körében mozogtak; arra, hogy a kísérleti eredmények szálaiból elméleteket szőjjön, nem törekedett. De működésének ez a korlátozott köre tisztán csak a sajátos szellemi irányzatának, nem pedig valamely külső filozófiai befolyásnak tulajdonítandó.

Boyle a légszivattyúval Schott würzburgi professzornak *Mechanica hydraulico-pneumatica* című munkája útján ismerkedett meg. Schott (1608-1666), ki Guerické-vel élénk levelezésben állott, nevezett munkáját 1657-ben adta ki.

Mivel Guericke készüléke még nagyon tökéletlen volt, Boyle mindenekelőtt azon volt, hogy azt javítsa. A dugót fogas rúddal, s ezt ismét fogas kerékkel kapcsolta össze, miáltal a készülék kezelését tetemesen megkönnyítette. A csapokat nagyobb szabotossággal készítteté el, s gondoskodott arról is, hogy a vacuumba helyezett tárgyak s készülékek főlebb emelhetők vagy lejebb

ereszthetők legyenek. A javított szivattyút s az evvel végrehajtott kísérleteket "New experiments physico-mechanicals touching the spring of the air etc. Oxford, 1659. című több kiadást ért terjedelmes művében ismertette. Midőn Guericke e munkával megismerkedett, ő is azon volt, hogy a készüléket még tovább tökéletesítse, különösen pedig arra törekedett, hogy a légüresítés gyorsabban végrehajtható legyen, s ez oknál fogva a dugó járását emeltyűvel létesítette.

Midőn Boyle Papin-nel ismerkedett meg s vele közösen munkálkodott, a szivattyú még inkább tökéletesbült. Papin az általa javított szivattyút a már említett művében írta le; a Boyle-al közösen javított eszközt s az evvel végrehajtott kísérleteket pedig *A continuation of the new digestion of bones*, 1687. című művében írta le, mely mű folytatása volt az *A new digester or engine for softing bones* című már 1681-ben Londonban megjelent munkájának. Ez utóbbiban írta le azt a készüléket, melyet jelenleg is Papin-féle fazéknak nevezünk. *A new digester* 1682-ben francia

fordításban is megjelent (La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viande eu fort peu de temps etc. cím alatt). Papin főzőedénye nagy föltűnést keltett, még pedig nemcsak gyakorlati haszna miatt, hanem azért is, mert azon volt először alkalmazva a biztosító szelep, mely a jelenlegi gőzgépek egyik legfontosabb alkotó része.

Az említett 1687-iki műben leírt szivattyú tetemes haladást tüntet elő; annál már a kicsiny és különben is kényelmetlen ballonok helyett tányérra tett harang használtatott, továbbá csapok helyett szelepek alkalmaztattak.

Boyle még tovább ment. Hogy a szivattyúzás folytonos legyen, kétköpös készüléket szerkesztett; a dugókat csigára vetett kötéllal hajtotta. Hawksbee ezt a szivattyút fogas rudakkal s megfelelő hajtóval látta el, innét van, hogy a kétköpös szivattyú feltalálását némelyek Hawksbee-nek tulajdonítják.

Boyle még a légsűrítővel is foglalkozott; sűrítője lényegében teljesen megegyezik azokkal a kézi légsűrítőkkel, melyek a fizikai laboratóriumokban jelenleg is használatnak. Helyén lesz, ha itt megjegyezzük, hogy Wolferd Senguerd leydeni egyetemi tanár (1646-1724) 1697-ben olyan egyköpűs szivattyút szerkesztett, melynek csapja úgy volt fűrva, hogy a készüléket ritkításra és sűrítésre egyaránt lehetett használni.

Boyle-nak a légszivattyúval végrehajtott nagyszámú kísérletei újaknak alig nevezhetők; túlnyomó részük csak az Accademia del cimento tagjainak és a Guericke kísérleteinek ismételése volt. Különben lehetséges, hogy eme kísérletek egy része Boyle-ra nézve csakugyan új volt; mivel a forrásokat nem szokta vala megnevezni, nem lehet eldönteni, hogy az egyes esetekben mennyiben illeti meg őt a feltalálás érdeme.

Voltak azonban olyan kísérletei is, melyeknek elsőbbsége kétségtelenül őt illeti meg. Így például megmutatta, hogy az egymáshoz dörzsölt tes-

tek a légüres térben is megmelegednek; holott az akkori általános felfogás szerint a surlódás előidézte megmelegedésnek a testek között levő levegő lett volna az oka. Ezt a kísérletet újabb időben Sir Humphry Davy is végrehajtotta, midőn légüres térben két jégdarabot pusztá surlódás által ömlesztett meg, a mi által a mechanikai munkának hővé való átváltozását mutatta ki.

Az említettel bizonyos tekintetben analog volt Boyle-nak az a kísérlete, hogy a mészoltásnál még akkor is keletkezik hő, ha ez a chemiai folyam légüres térben megy végbe.

Egy másik nagyon érdekes fölfedezése az volt, hogy megmutatta a légnyomás befolyását a forrópontra. Egy alkalommal vizet, hogy ezt a benne levő levegőtől megszabadítsa, nagyon sokáig forralt. A vizet még langyos állapotban a harang alá tette, valószínűleg azért, hogy megtudja, vajon van-e még a vízben levegő. Midőn a levegőt ritkítani kezdé, a vízben parányi buborékok he-



lyett igen nagyok keletkeztek: a víz hirtelenül felforrott.

Továbbá kimutatta, hogy a vacuumban a füst is csak úgy esik le, mint bármely más test, hogy tehát a füst a levegőben csak relatív könnyűsége miatt emelkedik. Boyle idejében voltak még olyanok, kik a testeket könnyűekre és nehezekre osztották föl; Baco, Boyle állítólagos mestere, a fizikusoknak direkte ajánlotta, hogy vizsgálják meg, hogy "mely testek mozognak a nehézség, és melyek a könnyűség miatt", és "hogy a levegő a könnyű, vagy pedig a nehéz testekhez tartozik-e?"

Különben megjegyzendő, hogy Boyle előtt már az Acc. del cemento tagjai is megczáfolták a testek pozitív könnyűségéről szóló tant, mert kísérletekkel bebizonyították, hogy a testek emelkedése csak az azokat környező sűrűbb közegek alulról fölfelé irányzott nyomásából ered, miként ezt már Galilei is mondotta.

Boyle a nyomások mérésére manométert szerkesztett. Készüléke lényegében véve teljesen megegyezett a Guericke-ével, csak hogy emennél sokkal kisebb és pontosabb volt.

A levegő sűrűségét úgy határozta meg, mint Galilei, de a kéneső sűrűségének meghatározására szolgáló módszere egészen új volt. Boyle a közlekedő edényeknek azt a törvényét alkalmazta, mely szerint a folyadékoszlopoknak az érintkező lapjuktól számított magasságaik fordított viszonyban vannak a sűrűségeikkel. A vízoszlopot a kénesőoszlopnál 13.75-szor magasabbnak találta.

A fizikában szerzett érdemei között legnagyobbak a levegő rugalmasságára vonatkozó kísérletei. Boyle találta föl először a fizikának azt az egyik alaptörvényét, mely szerint a levegő nyomása fordított viszonyban van térfogatával. Hogy e törvénynél a mérsékletet állandónak kell föltételezni, arra Boyle figyelme még nem terjedt ki.

Azonban meg kell jegyeznünk, hogy Boyle-nak, mikor ezt a törvényt feltalálta, esze-ágában sem volt, hogy a térfogat és nyomás között valami összefüggést keressen. Ő csak Franciscus Linus lüttichi jezsuita professzort (1595-1676) akarta megczáfolni. Linus kétségbe vonta a légnomás létezését, s a kénesőnek a barométercsőben való megmaradását egyszerűen így magyarázta: a kéneső láthatatlan szálakon függ.

Boyle, Linus-t megczáfolandó, először is azt akarta megmutatni, hogy egy magas kéneső-oszlop egyensúlyozására aránylag kicsiny légtömeg is elegendő. E célra olyan készüléket használt, a minőt nevezett törvényének kísérleti bebizonyítására az előadásoknál még jelenleg is használnak. Hosszú üvegcsőnek egyik végét beforrasztotta s közel a beforrasztott végéhez U-alakúlag megörbítette. A függélyesen fölállított csőnek hosszabb nyílt szárába kénesőt öntött. A mit várt, az be is következett, a csőnek zárt szárában maradt kevés levegő a kénesőt egyensúlyozta, de még azt is tapasztalta, hogy mentül több kénesőt ön-

tött a nyílt szárba, annál kisebb térre szorult a levegő. A berekesztett levegő s a kéneső-oszlop megfelelő magasságait megmérvén, azt találta, hogy "a levegő a szorító erővel egyenes arányban sűrűsödik össze." Hogy itt a térfogatok vannak a nyomásokkal fordított viszonyban, ezt nem is Boyle, hanem egyik tanítványa fejezte ki, a mi szintén mutatja, hogy Boyle-nál a spekuláció mily csekély szerepet játszott.

Boyle ezután a légköri nyomásnál kisebb nyomásokra is bebizonyította a törvényét, s most is olyan készüléket használt, a minőt jelenleg is alkalmazunk, ha a törvényt kisebb nyomásokra akarjuk kimutatni.

Az utókor a Boyle fontos fölfedezését nevével nem forrasztá össze. Tudva van, hogy az említett törvényt inkább Mariotte-ról nevezzük el. Mariotte e törvényt 16 évvel később, de mindenesetre Boyle-tól függetlenül találta föl.

III. Boyle fizikai egyéb találmányai.

Ezeknek száma igen nagy; csak a fontosabbakat fogjuk előterjeszteni.

Boyle azt tapasztalta, hogy valamely megdörzsölt pálczának elektromos vonzó hatásai nagyobbak voltak, ha a pálczát sokáig dörzsölte. Mivel a pálcza a hosszas dörzsölés által egyrésztől megmelegedett, másrésztől pedig simább lett, Boyle azt következtette, hogy az előzetesen megmelegített és megtisztított pálczák hathatósabbak.

A légszivattyúval sokat foglalkozván, nem mulaszthatta el, hogy konstatálja, miszerint a vonzás tünetényei a vacuumban is csak úgy mutatkoznak, mint a levegőben. Továbbá tapasztalta, hogy az elektromos testek vonzotta pelyhek a nem elektromos kézhez tapadnak, ha ezt a pelyhekhez közelítjük, de e tünetény okát nem ismerte. Megmutatta még, hogy a gyémánt dörzsölés által nem csak hogy elektromossá válik, hanem azután sötétben még hosszabb ideig világít is.

Boyle megpróbálta, vajjon az elektromozott testek más testek által úgy vonzatnak-e, mint a miképen az előbbieniek az utóbbiakat vonzzák. A kísérlet igazolta ezt a föltevését. "Csodálkozni lehetne azon, hogy emez eredményre senki sem jött a priori ... miután a hatás és az ellenhatás egymással egyenlők. De meg kell fontolnunk, hogy ezt a következtetést Boyle idejében világosnak még nem tartották, csak Newton tette azt teljesen világossá."

Miként Galilei és az Acc. del cimento tagjai, úgy Boyle is azt tapasztalta, hogy a víz a fagyásnál kiterjed. De új találmány volt a mesterséges fagyás, melyet hónak és különféle sóknak keverése által idézett elő. Elvi szempontból nagyon figyelemre méltó az a megjegyzése, mely szerint a nagyobb hideg az által jó létre, hogy a jég vagy hó a sókat megolvasztja.

Boyle továbbá azt találta, hogy a megolvasztott ólom levegőt nyel el. De hogy aztán az ólom nehezebbé lett, azt nem az oxidácziónak, mert ez

az ő korában teljesen ismeretlen volt, hanem a tűz súlyának tulajdonította.

Boyle a hőmérő-skála állandó pontjául a szilárd ánizsolaj olvadási pontját ajánlotta, mivel a jég olvadási pontjának állandóságában nem bízott. A skálát az ánizsolaj kiterjedése szerint akarta megállapítani.

Végre megemlíteném még, hogy Boyle az optikával is foglalkozott. A színekről már 1663-ban írt egy munkát, *Experimenta et considerationes de coloribus* címen. E műben a többi között leírja a szappanbuborékok színeit is; e szerint Boyle volt az első, ki a vékony lemezek színeivel tudományosan foglalkozott.

Boyle a fény súlyát is meg akarta mérni, mert megvizsgálta, vajjon a napsugarak nem gyakorolnak-e valami lökést az érzékeny mérleg serpenyőjére. A várt hatás elmaradt ugyan, de azért Boyle után még mások is ismételték ezt a kísérletet.

#### IV. Boyle chemiája.

Említettük, hogy Boyle a chemiában alapvető munkásságot fejtett ki. Nem tekintve azt, hogy e tudományt számos valóban új felfedezéssel gazdagította, a chemia alapelveire és feladatára vonatkozó nézeteivel új korszakot alkotott.

A régi chemikusok két csoportra oszoltak: a peripatétikusokra, kik négy elemet (tűz, víz, föld, levegő) vettek föl, és az alchimistákra, kik már a kén, a kénesőt és a sót is az elemek közé sorozták. A VIII-ik századbéli arab Geber, ki a XVI-ik századig a legjelesebb chemikus volt, a fémeket kén és kénesőből képzelte összetetteknek.

Boyle mindennek előtt a peripatétikusokat támadta meg, mondván, hogy a tűz, víz stb. semmi esetre sem lehetnek elemek, mert az elemek száma mindenesetre nagyobb, s el fog jönni az az idő, melyben az elemek száma már igen nagy lesz.

Boyle tett először különbséget a keverék (mixture) és a vegyület (compound mass) között, s a különbséget élesen körvonalozta.



Szerinte két testnek chemiai egyesülése abban áll, hogy a legkisebb részecskéik szorosan érintkeznek; a vegyület szétbontása pedig akkor áll elő, ha valamely másik test a vegyület egyik elemét erősebben vonzza, mint a vegyület másik eleme. Mindamellett, hogy a vegyületek tulajdonságai az alkotó részekéitől teljesen eltérnek, mégis két vagy több egyszerű testből (elemből) kell állaniok. Azonban a vizet, mint vegyületet sajátságosan fogta föl; azt hitte, hogy a víz földes alkotórészeket is tartalmaz, mert különben honét vették volna az általa a vízben tenyésztett növények a tápszert? Boyle kétszázszor egymásután desztillálta a vizet s mivel a retortában mégis maradtak földes részek, nézetét megerősítettnek vélte. Bizonyos, hogy a földes részek csakis a készülékek tisztátalanságából eredhettek.

Boyle számos vegyületet talált föl, de tulajdonságaikat föl nem ismervén, őt tulajdonképeni föltalálónak alig tekinthetjük. Így például előállította a hidrogént is, a nélkül, hogy tudta volna,

hogy mivel van dolga; vasdarabokra hígított kén-savat öntött, s mivel az egész tömeg pezsgett, azt mondá, hogy a levegő mesterséges úton is előál-lítható. A szénsavat eczetből és osztrigakagylók-ból készítette, de ez a kísérlete is csak arra való volt, hogy mesterséges levegőt készítsen; mert hogy a szénsavat, mint ilyent, nem ismerhette, ez kitűnik onnét, hogy azt a lélekzésre nézve gyó-gyító erejünek mondomta. Előállított még egy ké-nammonium tartalmú folyadékot (liquor fumans Boylii), továbbá faszeszt és faeczetet s rektifikál-ta a borszeszt. Végre az akkori általános fölfogás ellenére kimutatta, hogy a tenger vize mindenütt ugyanabban az arányban tartalmazza a sót.

Brand hamburgi kereskedő 1669-ben föltalálta a foszfort. Később Boyle is előállította ezt az anyagot, minélfogva ő is a föltaláló hírébe esett. A dolog így áll: Abban az időben, midőn Brand a foszfort készíté, Kunckel alchimista Hamburg-ban tartózkodott s miután a Brand találmányáról értesült, azonnal Brand-hoz fordult, hogy meg-tudja a foszfor készítésének titkát. De Brand ta-

lálmányát a drezdai Kraft-nak 200 tallérért eladván, titkolódzott s Kunckel csak annyit tudhatott meg, hogy Brand sokat experimentált a vizelettel, s ez neki elég volt, mert aztán ő is előállította a foszfort. Kraft pedig a pénzen megvásárolt titkot Boyle-lal közölte, minélfogva az utóbbinak már könnyű volt foszfort készítenie. Boyle eljárása csak 1692-ben jelent meg a Philosophical Transactions-ben, mivel Boyle úgy intézkedett, hogy eljárása csak halála után közzétessék.

A vegyületek és az elemek közötti különbség helyes megállapításánál és kémiai felfedezéseinél sokkal fontosabbak Boyle nézetei a kémia céljáról. Ő mondta ki először, hogy a kémia, mint a természettudományok egyik ága, tehát mint önálló tudomány, önmagáért művelendő, s hogy a kémiának igazán tudományos jelleme csak akkor lesz, ha megszűnik az alchimia és az orvosi tudományoknak, vagy pedig az iparnak és a művészeteknek szolgája lenni.

Boyle tevékenységének eme rövid előterjesztéséből is kitűnik, hogy mily sokoldalúak voltak az ő vizsgálatai. Talán épen ebben a sokoldalúságban, melyet az ő tisztelői annyira csodálnak, rejlik egyik oka annak, hogy aránylag csak kevés esetben bírt a dolog magváig hatolni s az elért eredményeket a fizikai törvény szigorúságára emelni. Boyle csakis a kísérlet és az észlelet embere volt; példája világosan tanúskodik arról, hogy az egyoldalú empirizmus az igazi tudományosságnak sok kárt tehet.

## MARIOTTE

Mindenki, a ki valaha fizikát tanult, ismeri Mariotte törvényét. Ha a fizikai tankönyvek nagyobb súlyt fektetnének a tanok történelmi fejlődésére (mely a legtöbb esetben a leghelyesebb methodikát jelöli ki), akkor Mariotte neve még ismeretesebb volna; így azonban csak azok méltathatják Mariotte érdemeit a megillető mértékben, kik a fizikának történetét is tanulmányozzák; az ilyenek előtt a Mariotte művelte szakok egész halmaza fekszik.

A ki Mariotte életrajzát akarja megírni, annak itt, úgy mint sok más érdemes fizikusnál, a gyér életrajzi adatok miatt talán zavarba kellene jönnie, ha Mariotte tudományos tevékenysége minden más életrajzi adatnál fényesebben vissza nem tükrözné a tudósnak szellemi életét.

Edme Mariotte, ki Condorcet szerint Franciaországban az első volt, ki a fizikába bevezette az észlelés szellemét, a XVII-ik század elején szüle-

tett. Születésének éve és helye ismeretlen. Valószínű, hogy Burgundia volt hazája, mert életének egy részét Dijonban töltötte. Mariotte a benediktinusok rendjébe lépett, s később, munkásságának elismeréseül, a St. Martin sous Beaune-i priorátust kapta meg. Ez szerényen jövedelmező állás volt ugyan, de az ő igényeinek teljesen megfelelt.

A mint a párisi akadémia (académie des sciences) 1666-ban, XIV. Lajos uralkodása alatt megalapított, a tagok közé Mariotte is fölvetetett. Miként a Royal Society-t, úgy a párisi akadémiát is egy kisebb társulat előzte meg: az a társaság, mely 1635-ben Mersenne-nél szokott volt összegyülekezni.

Mariotte az akadémiai tagokkal valami élénk összeköttetésben nem igen lehetett, mert különben életviszonyairól bizonyára több adat maradt volna fön.

Mariotte egészen az 1684 máj. 12. Párisban bekövetkezett haláláig az akadémia tagja volt.

Összes művei halála után jelentek meg, még pedig az első kiadás 1717-ben Leydenben, a második pedig 1740-ben Hágában. E kiadások a következő iratokat foglalják magukban:

Traité de la Percussion; ez a mű három önálló kiadást ért; a harmadik kiadás 1679-ből való;

Discours sur les Plantes, Paris, 1676;

Discours sur la nature de l'Air, Paris, 1676;

Discours sur le froid et le chaud, Paris, 1679;

Traité de la Nature des Couleurs, Paris, 1690;

Traité du Mouvement des Eaux, Paris, 1690;

Règles des Jets d'Eau, kivonat az előbbeni műből;

Nouvelle découverte touchant la Vue; három levél, melyek Pecquet- és Perrault-hoz intéztettek;

Traité du Nivellement;

Traité du Mouvement des Pendules; Huyghens-hez Dijonból 1668. február 1-én intézett levél;

Expériences sur les Couleurs et la Congélation de l'Eau, Paris, 1672, 1682;

Essai de Logique, Paris, 1678.

Mariotte emez iratai között a fizikára nézve legfontosabb a Disc. sur la nature de l'Air, azaz "beszéd a levegő természetéről". Ebben írja le azokat a kísérleteket, melyek alapján a nevét viselő törvényt felállította. Mariotte is úgy formulázta a törvényt, mint Boyle: l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé, a levegő az őt terhelő súlyok arányában sűrűsödik. Azonban Mariotte a sűrűségek helyett bevezette a térfogatok fordított viszonyát, s talán ez az egyik főoka annak, hogy a törvény miért viseli inkább a Mariotte, mint a Boyle nevét. Az angolok Boyle mellett maradtak ugyan, de azért Mariotte-ot is főlemlítik; hasonló kölcsönösséget a francia íróknál nem találunk.



Mariotte törvényét az egy légköri nyomásnál nagyobb és kisebb nyomásokra egyaránt bebizonyította; készülékei is megegyeznek Boyle eszközeivel. Hogy a törvény a hőmérséklet állandóságát követeli, ezt Mariotte épen oly kevésbé tudta, mint Boyle.

Azonban Mariotte a törvényből helyes következtetéseket is tudott vonni. "Nem kell azt hinnünk, mondja Mariotte, hogy az a levegő, mely a föld fölületéhez közel van, s a melyet mi beszívunk, természetes kiterjedéssel (étendue) bírna, mert a fölötte levő súlyos levegőrétegek azt mint egy rugót összenyomják, tehát jóval sűrűbb, mint a legfelső rétegek, melyek szabadon kiterjedhetnek." A levegőrétegek sűrűség-különbségeit egy nagyon találó hasonlattal, egymásra rakott spongiákból összeállított oszloppal teszi szemlélhetővé. A légkör magasságát 20 lieure becsülte.

További vizsgálataival megtette az első, persze még nagyon tökéletlen lépést a hipszometriához, vagyis a barométeres magasságméréshez. Pascal-

nak ide vonatkozó eszméi soha sem érlelődtek meg; Mariotte volt az első, a ki a magasságmérés alapföltételét, vagyis azt a törvényt, mely szerint a levegő nyomása fogy, kereste.

Az 1667-ben alapított párisi obszervatórium magas épülete s 80 lábnyi mélységű pinczéje erre a célra nagyon alkalmas volt. Itt kísérletileg konstatálta, hogy a föld színén a barométer  $4/3$  vonalnyi emelkedésének 84 lábnyi, tehát  $1/12$  vonalnyi emelkedésnek kerek számban 5 lábnyi magasság-különbség felel meg. A legalsó réteget 5 lábnyi magasságának vévén föl, az általa feltalált összenyomási törvény segítségével kiszámította, hogy milyen magasak azok az egymásra következő rétegek, melyeknek barométer-állásában  $1/12$  vonalnyi különbség felel meg. Az így kapott magasságok összeadásából kapta az egész magasságot.

Mariotte eljárása elvben egészen helyes, csak-hogy pontosabb eredmény elérése végett a legalsó réteget 5 lábnál jóval vékonyabbra kellett vol-

na vennie. Továbbá hogy az egymásra következő rétegek magasságait könnyebben összeadhassa, avval az egészen helytelen föltevással élt, hogy e magasságok számtani sort alkotnak.

Ugyancsak a Disc. sur la nature de l'air című művében a meteorológiával is foglalkozik. Mariotte azon volt, hogy kimagyarázza a barométer emelkedését az északi és keleti szeleknél, és süllyedését a déli és nyugati szeleknél. Szerinte az előbbeni szelek, mint a hidegebbek, fölülről lefelé fújnak, tehát a kéneseoszlopot felnyomják, holott az utóbbi szelek, mint melegebbek, fönt maradnak s a körlég egy részét is fölemelik s ez által a légnyomást kisebbitik.

A Dijonban észlelt évi esőmennyiségből azt következtette, hogy a folyók az évi csapadéknak csak mintegy hatodrészét veszik föl, a másik 5/6 része a többi forrásokat táplálja.

A Discours sur la froid et le chaud című irat thermométeres észleletekről szól. Ennél jóval fontosabb a Traité du Mouvement des Eaux. Eb-

ben leírja a Torricelli hydrodynamikai kísérleteinek ismételését; az elmélet és a tapasztalat közötti eltéréseket a folyadékok és az edény falai közötti surlódásnak tulajdonítja. Ugyancsak a surlódás miatt a szökőkutaknál a vízszög soha sem éri el az elméleti magasságot. E műben van a Mariotte-ról elnevezett palack leírása is. Mariotte evvel a készülékkel csak a légnyomás jelenlétét akarta bizonyítani; jelenleg, mint tudva van, arra használjuk, hogy vele a folyadékokat állandó nyomás alatt folyassuk ki. Végre e műben találjuk a passzát-szelek jelenleg elfogadott elméletének homályos körvonalait is.

A *Traité de la Percussion etc.* című munka a szilárd testek mechanikájával, különösen pedig az ütközéssel foglalkozik. Mariotte főcélja az volt, hogy az ütközésnek Wallis, Wren és Huyghens által feltalált törvényeit kísérleti bizonyítékok által mintegy népszerűsítse. Nevezett művében leírja az általa feltalált ütköző gépet, mely elefántcsont-golyók sorából áll. Ez a készülék, mely az ütközés törvényeinek szemléltetésére na-

gyon alkalmas, Mariotte korában nagy hírben állott s jelenleg is minden fizikai gyűjteményben föllelhető. Továbbá leírja a relatív szilárdságra vonatkozó vizsgálatait, melyek Galilei vizsgálataihoz képest már haladást tüntetnek elő, a meny-nyiben Mariotte figyelembe vette a rostok meghosszabbodását s azt mondá, hogy eme meghosszabbodás arányos a nyújtó erővel.

Végre ugyanebben a műben írta le esési kísérleteit, melyeket a párisi obszervatoriumban hajtott végre. Mariotte az elsők közé tartozik, kik a levegő ellenállásának törvényeit keresték. Riccioli az ő kísérleteinél csak a mozgó test sűrűségéből következtetett az ellenállásra, a test sebeségét figyelembe nem vette.

Mariotte különböző anyagokból készült golyókat mintegy 160 lábnyi magasságból ejtett le; az esési időt ingával mérte. Kísérletei alapján ezt a törvényt állította föl: Az ellenállás a befutott útat a már befutott úttal s a középsebességgel arányos hosszúsággal kurtítja meg. A kísérleti eredmé-

nyek e szabályllyal oly szépen vágtak össze, hogy de la Hire-nek az a gyanúja támadt, hogy Mariotte kísérleteit már úgy rendezte be, hogy a mondott törvénynek megfeleljenek, minélfogva Mariotte kísérleteit ő maga is végrehajtotta. Azonban ő is ugyanazt az eredményt találta.

Hasonló kísérletekkel az egyízben már említett Deschales, Mariotte kortársa is foglalkozott. Deschales-nak főczélja a Galilei-féle esési törvények megvizsgálása volt, de mivel azt tapasztalta, hogy az elmélet nem vág össze a tapasztalattal, az eltéréseket a levegő ellenállásának tulajdonította s figyelmét ez utóbbi tárgyra terjeszté ki. Deschales szerint az ellenállás arányos a befutott úttal.

Sajátságos, hogy Mariotte megtámadta Galileit, hogy az eső test sebességnövekedését úgy képzelte, hogy a test a nagyon apró egyes időrészekben a nehézségi erő által újra meg újra megindíttatik. Mariotte szerint nagyon kicsiny időrészekben sem a nehézségi, sem pedig más

természeti erő hatást nem gyakorolhat, mert minden hatás előidézésére nagyobb idő kell. Erre például azt említi föl, hogy egy darab papírt a gyertya lángján gyorsan keresztül lehet húzni, a nélkül, hogy meggyuladna!

A *Traité de la nature des Couleurs* című munka Mariotte optikai vizsgálatait tartalmazza.

Mariotte ismételte Grimaldi kísérleteit, de sem csíkokat, sem pedig színtüneményeket nem látott, s megjegyzé, hogy nála az árnyék épen úgy keletkezett, a mint a fény egyenes vonalú terjedése miatt keletkeznie kellett. Valószínű, hogy a nyílás, melyen a fényt beeresztette, igen nagy volt, mert különben alig képzelhető, hogy Grimaldi észleleteit egészen elejtette volna.

A meteorológiai optikára vonatkozó vizsgálatai figyelemre méltók; a szivárványt meg a nap- és hold-udvarokat egyaránt tárgyalta. Az utóbbi, igen ritka, de annál inkább föltűnő tűneményeket az ókor is ismerte, de vizsgálatok tárgyaivá csak a XVII-ik században lettek, a mikor is több rend-

beli pontos észlelet állott a bűvárok rendelkezésére. A legföltűnőbb észlelet a Scheiner-é volt; ő 1629-ben Rómában a Nap körül két koncentrikus színes kört, egy a Napon átmenő vízszintes szintelen kört, és ezen négy melléknapot, a színes körökön pedig két melléknapot látott egyidejűleg. Az e fajta komplikált tűneményeket aztán római tűneményeknek nevezték. A danzigi Hevel 1660-ban a Holdon, 1661-ben pedig a Napon tett egy a Scheiner-éhez hasonló észleletet.

Mariotte a kisebb (7-12 fok átmérőjű) udvarokat a fénynek az apró vízcseppek előidézte kétszeri töréséből akarta megmagyarázni, de helytelen eredményre jutott, mert szerinte az udvar belső széle vörös volna, holott az a valóságban kék. Helyesebben magyarázta a nagyobb (23° átmérőjű) udvarokat. Mariotte föltevén, hogy a levegőben szabályos háromoldalú jégprizmácskák lebegnek, s azokban a fény először közvetlenül, aztán pedig teljes visszaverődés után még egyszer töretik meg. Különben Descartes volt az első, a ki föltette, hogy e tűnemények jég-tűk és



jég-csillagok által jönnek létre. Mariotte magyarázata megegyezik Descartes szivárvány-elméletével, s azt még jelenleg is helyesnek kell tartanunk, mert a tapasztalással összevág: az udvar belső széle vörös és élesen körvonalozott, továbbá a nagyobb udvarok csak a hidegebb vidékeken fordulnak elő.

Mariotte munkája még a sugárzó hővel is foglalkozik. Mariotte azt tapasztalta, hogy a napsugarak az üvegen majdnem meggyöngyülés nélkül mennek át, holott valamely közönséges tűznek hősugarai az üveg által visszatartatnak. Továbbá kimutatta, hogy a hőt jégből készített homorú tükörökkel is össze lehet gyűjteni, sőt ilyen tükörrel puskaport is gyújtott. Mariotte bevallja, hogy ő előtte már mások is készítettek jégtüköröket, de nem mondja meg, hogy kik voltak azok. Annyi bizonyos, hogy a sugárzó hőre vonatkozó első kísérleteket az Acc. del cemento tagjai hajtották végre. Egy nagy homorú tükör előtt 500 font jeget állítottak föl s a tükör gyújtópontjába hőmérőt állítottak. A hőmérő gyorsan sülyedt. Hogy

meggyőződjenek arról, vajjon nem a jég közelléte okozza-e a süllyedést, a jég és a hőmérő közé ernyőt tettek; de ekkor a hőmérő felszökött, az ernyő eltávolítása után pedig ismét leszállott.

A Nouvelle découverte touchant la Vue című munka nagy föltűnést keltett. Mariotte abban azt állította, hogy a látás nem az ideghártyával, hanem az edényhártyával történik, mert az emberi és az állati szemeket megvizsgálván, azt tapasztalta, hogy a látó idegek nem a pupillával szemközt mennek a szembe. Ennélfogva tudni akarta, hogy hogyan fog látni akkor, ha a fénysugarak éppen a látóidegek belépési pontjára esnek. Mariotte e végből ugyanazt a kísérletet hajtotta végre, melyet jelenleg is ismételünk, midőn a vak-folt (punctum coecum) jelenlétét akarjuk kimutatni. Ha ugyanis fekete lapra egymástól néhány centiméternyire elálló fehér papirdarabkákat teszünk, s most az egyik, például a balszemünket behúnyva, a másik, a jobb szemünkkel a baloldalon levő papirdarabkára nézünk, azt tapasztaljuk, hogy azért a jobb oldalon levő papirdarabkát is

látjuk. Ha azonban jobb szemünket a fekete lap-hoz majd közelítjük, majd pedig eltávolítjuk, azt fogjuk tapasztalni, hogy egy bizonyos távolságból a jobboldali papírt nem látjuk, de ezen a távolságon kívül vagy belül ismét láthatóvá lesz.

Mariotte azt hitte, hogy a szemnek épen ott, hol a látóidegek belépnek, a legérzékenyebbnek kellene lennie. Mivel pedig ez, az előtte ismeretlen vak-folt miatt, épen ellenkezőleg áll, azt mondá, hogy a látás nem is történhetik az ideghártya segítségével, mely állítás a fizikusok és az anatomusok körében élénk diskussziókra adott alkalmat.

Mariotte többi iratai közül még csak az *Essai de Logique* címűt akarjuk külön fölemlíteni. Condorcet szerint ez a mű a leghívebb előtüntése ama módszernek, melyet Mariotte vizsgálatainál követett. Ennélfogva érdekes, hogy abból megismerjük az olyan szellem eszmemenetét, mely sokoldalú tevékenységével annyi szép eredményt tudott létrehozni.

## AMONTONS

Guillaume Amontons 1663 aug. 31-én Párisban született. Gyermekkorában súlyosan megbetegedett, minek következménye az volt, hogy majdnem teljesen megsiketült. De siketségével legkevésbé sem törődött, sőt örült, hogy elmélkedései közben a világ zaja nem háborgathatta. Ifjabb korában különös szeretettel foglalkozott a gépek szerkesztésével, a rajzolással, az építéssel és a földméréssel. Az utóbbi két szakban annyira kiképezte magát, hogy később állami szolgálatba vétetett föl s jelentős közmunkák vezetésével bíztatott meg.

A különféle gépek szerkesztése rá nézve különös érdeklődéssel bírván, nem kell csodálkoznunk, hogy egy akkoriban még nagyon divatos feladat megfejtésével, a perpetuum mobile szerkesztésével foglalkozott, s bár kísérletei sikertelenek maradtak, a készülék elvi lehetetlenségét még sem bírta belátni.

Később, az akkoriban még az újság ingerével bíró fizikai eszközök, a barométer, a hőmérő és a hygrométer vonták magukra figyelmét s e készülékekkel tüzetesen foglalkozott. Nem produkált ugyan valami egészen új vagy korszakalkotó eszközt, mindazonáltal eme fontos készülékek tökéletesítése körül elévülhetetlen érdemeket szerzett.

Amontons azon volt, hogy a barométert kényelmesebben és könnyebben kezelhetővé tegye. A kurtított barométer és a kúpos barométer az ő találmányai. E készülékek részint a kivitelbeli nehézségek, részint pedig az észlelésnél el nem kerülhető hibák miatt a közhasználatba nem mentek ugyan át, azonban az Amontons föltaláló tehetségéről élénken tanúskodnak. Nagyobb érdemet szerzett magának avval, hogy fölismerte a mérseklet befolyását a barométer-állásra, s ezt a befolyást akkorának találta, hogy miatta a barométer-állást kijavítandónak ítélte. Különben az Amontons korában ez a javítás még fölösleges volt, mert a barométert nem főzték ki, s az innét

eredő hibák sokkal nagyobbak voltak, semhogy a mérsékletkorrekciót figyelembe kellett volna vennie. De az Amontons figyelmeztetése mégis nagyon fontos volt, mert ő utána még sokan voltak, kik a mérséklet befolyását elismerni nem akarták, sőt az angol Beighton 1738-ban azt állította, hogy a barométer a kifőzés által a mérséklet befolyásától megszabadítható!

Hogy azonban a korrekciót mégis számba vehesse, Amontons azon volt, hogy a kéneső kiterjedését meghatározza. Szerinte a kiterjedés a párisi legnagyobb téli hideg és a legnagyobb nyári meleg ( $-14$  és  $+22$  R°) között az eredeti térfogat  $1/115$ -ére rúg. De a kifőzés elhanyagolásából eredő hibákat nem ismerte föl. A párisi akadémia egy barométert adott neki megvizsgálás végett; ez a többi párisi barométereknél 18 vonallal állott alacsonyabban, s ő ezt a körülményt az üveg likacsosságának tulajdonította!

A hőmérők javítására nézve nagyon fontos az a tapasztalata, hogy a víz forró pontja állandó.

Igaz ugyan, hogy ő előtte már Halley és Newton ismerték a forrópont állandóságát, az Acc. del cimento tagjai pedig a jég olvadó pontját, sőt mi több, Carlo Renaldini az 1694-ben Paduában kiadott Philosophia naturalis című művében eme pontokat a hőmérő állandó pontjaiúl is ajánlotta, de ezek az észleletek nagyobb figyelmet nem keltettek.

Amontons különben tudhatta volna, hogy a forrópont függ a külső nyomástól, mert ekkor Boyle és Papin kísérletei már ismeretesek valának, sőt Mariotte már azt is következtette, hogy magas hegyek tetején a víz alacsonyabb mérsékletnél forr, mely következtetés helyességét Lemonnier 1739-ben a Pirenéusokban tett kísérletével igazolta.

Amontons-t illeti az érdem, hogy (a forró pont állandóságából kiindulván) ő szerkesztette az első tulajdonképeni léghőmérőt, mert a régibb léghőmérők egyszersmind barométerek is voltak. Az ő hőmérője alúl felgömbített s golyóval ellátott

üvegcsőből állott; a cső felső vége nyitva volt. A golyót 28 hüv. nyomásnál forró vízbe tette s a benne maradt levegőt a csőbe öntött kénesővel elzárta. A kihűlésnél a levegő rugalmassága kisebb lett, tehát a kéneső leszállott, s a hőmérő kézen volt. Amontons a csőre tett skála segítségével a mérsékletet hüvelykekből olvasta le. Ha a nyomás 28 hüvelyknél nagyobb vagy kisebb volt, a különbséget a készülék kéneső-oszlopából levonta, illetőleg ehhez hozzáadta. A készülék nem csak eme korrekció által, hanem elvi szempontból is különbözött a régi léghőmérőktől, mert itt a golyóba zárt levegő térfogata, a golyónak a csőhöz képest aránylagos nagysága miatt, állandónak tekinthető, tehát a mérséklet tulajdonképpen a Gay-Lussac 2-dik törvénye alapján, azaz a feszítő erők változása által méretett. Azonban az Amontons hőmérője kényelmetlen kezelése miatt nagyobb elterjedést nem nyert, s ő is csak inkább normalhőmérőül használta, hogy vele a borszesz-hőmérőket szabályozza.



Amontons a magasabb hőfokok mérésére nézve is tett kísérleteket. Azonban ide vonatkozó vizsgálatainál sokkal több eredetiségről tanúskodik az ő higrométere, melyet már 1687-ben terjesztett a párisi akadémia elé. Ez a készülék üvegcsőből állott; a cső alsó végéhez kénesővel megtöltött bőrgolyó volt kötve, magában a csőben borszesz volt. A levegő növekedő nedvességénél a bőrgolyó kitágult, tehát a borszesz súlyedtt; kisebb nedvességnél pedig összehúzódott, tehát a kéneső a borszeszt fölnyomta. Ez a készülék is tulajdonképen csak higroskóp volt, de sokkal pontosabb, mint a régi higroskópok.

Hogy némely szerves test a nedves levegőben vizet vesz föl s ennél fogva súlya gyarapodik, vagy pedig hosszúsága növekszik, ez régóta tudva volt. Az előbbeni tulajdonság alapján Cusa bíbornok higroskópos mérleget, az utóbbi tulajdonság alapján pedig Mersenne egy saját szerű, mondhatnók akusztikai higroskópot, készített. Mersenne egy bélhúrt feszített ki; ez a húr a levegő különböző nedvességénél különböző hango-

kat adott, s Mersenne a hang magasságából következtetett a nedvességre! Mersenne-nek minden esetre jó hallása lehetett; a siket Amontons eme higroskópnak hasznát nem vehette volna.

Hogy a higroskópnak történelmi vázlatát ki egészítsük, még emlékezetbe hozzuk, hogy eme készülék eszméjével Leonardo is foglalkozott. Azonban az Amontons-féle higroskóp előtt csak az acc. del cemento-é érdemel kiválóbb figyelmet, mert ezt egyúttal már igazi higrométernek lehet nevezni. Ez a készülék egy jéggel megtöltött kúpalakú tölcsérhez toldott s alúl elzárt üvegcsőből állott. A levegőben levő gőzök a hideg tölcsérre lecsapódtak, összefolytak, s a tölcsér végéről lecsepegtek. Ekkor megfigyelték, hogy bizonyos időben mennyi víz gyűl össze a tölcsér alá tett, fokozattal ellátott üvegpohárban. E higrométer föltalálójának II. Ferdinand toscanai nagyherceget tartják; ugyanő az európai fejedelmeknek 1665-ben több példányt küldött.

Hogy ismét Amontons-ra térjünk vissza, megemlítjük, hogy munkásságának eredményeit *Remarques et experiences physiques sur la construction d'une nouvelle clépsydre, sur les baromètres, thermomètres et hygromètres*, Paris, 1695 című művében tette közzé. Amontons, ki már amúgy is nagy mértékben magára vonta az akadémia figyelmét, négy évvel a nevezett mű megjelenése után az akadémia tagjává választott. Fontenelle azt mondja róla, hogy úgy látzott, mintha benne Mariotte, kinek minden jó tulajdonságát bírta, újra föléledt volna.

Amontons, mint akadémikus, különösen két tárggyal, a surlódással és a táviróval foglalkozott.

A surlódásra vonatkozólag kimutatta, hogy az nem csupán a surlódó fölületek nagyságától függ, mint ezt akkoriban általánosan föltették, hanem még a nyomástól is. Kísérleteinél különböző testeket vízszintes lapra tett, s a még jelenleg is szokásos módon meghatározta azt a legna-

gyobb súlyt, mely a testet még nem indította meg, s azt a legkisebb súlyt, mely a testet már megindította. A két súly számtani középarányosát a surlódás mértékének tekinté. Amontons aztán kimutatta, hogy egyenlő súly mellett a surlódás független a surlódó lapok nagyságától: téglalakú testet először a nagyobb, aztán pedig a kisebb lapjára fektetett; a surlódás mértéke mind a két esetben ugyanaz volt.

Az Amontons távirója optikai táviró volt. Az egyes állomások egymástól olyan távolságokban voltak, hogy mindegyiktől a szomszédos két állomásig távcsővel tisztán lehetett ellátni. Az állomások csuklós összeköttetésű, nagy vonalzókból álló készülékekkel voltak felszerelve; a vonalzókból különféle alakokat lehetett kombinálni; mindegyik alak bizonyos betűnek felelt meg. Az egyik végállomáson egymásután kitűzött jelek a többi állomásokon is kitűzettek, miáltal az adott jelek a másik végállomásig jutottak. A jelek értelmét csak a végállomásokon ismerték.

Amontons kísérleteit 1702-ben az udvar s nagy közönség jelenlétébenajtotta végre. Különben az optikai táviró eszméje egyáltalában nem volt új. Némely írók szerint már a régi Perzsa birodalomban Susa és Ekbatana a birodalom legszélsőbb határaival telegráfoss összeköttetésben voltak; a jelek tűz által adattak. A peloponnézusi háború idejében már az egyes betűket is jelezték. Porta akustikai távirót ajánlott; végre Hooke már 1684-ben terjesztette a Royal Society elé az ő optikai táviróját, minek az Amontons-éhoz hasonló berendezése volt.

Hogy az Amontons találmánya nagyobb érdeklődést nem keltett, azt a közönség, de még inkább az ő közönyösségének kell tulajdonítanunk. Csak a XVIII. század vége felé sikerült Claude Chappe-nak az optikai táviró eszméjét újra fölélesztenie. Az 1793-ban a nemzeti konventnek ajánlott táviró elfogadtatott s Páris Franciaország legnevezetesebb városaival telegráfoss összeköttetésbe lépett. Az optikai táviró ez után

más országokban is használtatott, míg végre az elektromos távíró kiszorította.

Amontons egy gőzgépet (moulin à feu) is tervezett, mely különben a gőzgép nevére igényt nem tarthat, mert ezt a gépet, ha egyáltalában elkészítettetett volna, meleg levegő hozta volna mozgásba.

Mint akadémikus csak hat éven át működhetett, mert a rendes és mértékletes életmódú s különben erőteljes férfiú hirtelenül súlyos betegségbe esett, s rövid szenvedés után 1705 okt. 11-én kimúlt.

Hogy jelenleg Amontons neve a fizikában sokkal ritkábban említettetik, mint ezt rövid idő alatt kifejtett tevékenységénél fogva megérdemelné, annak nagyrészt maga az oka. Túlságos szerénysége miatt még a saját korában sem tudott találmányainak érvényt szerezni; Fontenelle szerint egy csepp életrevalóság sem volt benne. Így eshetett meg, hogy őt is ugyanaz a sors érte, mint a távíróját: mindkettejüket elfeledték, s csak a leg-

újabb kor emelte ki őket a meg nem érdemlett feledés homályából.

Ha az egyes szakok fejlődésének tisztán chronológiai sorrendjétől eltekintünk, mondhatjuk, hogy Amontons működése képviseli azt a zárókövet, mely a fizika történetének a XV. század végétől, nevezetesen a Leonardo föllépésétől a XVII. század harmadik negyedéig terjedő időszakát határolja. Ez az időszak belenyúlik ugyan a fizika második virágzása korába, mely a Hooke, Huyghens és Newton tevékenységében kulminál, de szorosabb összefüggésben van a Galilei, ennek tanítványai, különösen pedig az Accademia del cimento tagjai által kezdeményezett munkálkodás eredményeivel. Az említett három fizikus föllépése új korszakot jelez, oly korszakot, melyben a Galilei megjelölte úton és eszközökkel a fizika - csekély megszakításokkal - óriási léptekkel haladt a fejlődésének máig elért legmagasabb foka elé.

# HOOKE

I. Hooke ifjúsága. - Találmányai a gyakorlati mechanika és az időmérés terén.

Robert Hooke 1635. jul. 18-án Freshwaterben, Wight szigetén született. Atyja, a ki prédikátor volt, a papi pályára szánta s gondos nevelésben részesítette.

Hooke az első oktatást a szülői házban kapta, s ezután jövődő hivatásának megfelelőleg latin iskolába járt. Azonban a már születése óta beteges gyermeknek gyakori gyengélkedései s különösen főfájásai miatt tanulmányait gyakran félbeszakította, utóbb pedig egészen be kellett szüntetnie. Az ifjú Hooke, hogy unalmát elűzze, fából mindenféle tárgyakat faragott; a többi között egy hajót készített, melyről az árboczok s a kötelek sem hiányzottak; továbbá fából egy órát csinált, mely az időt meglehetősen pontossággal mutatta. Atyja, ezt látva, a fiút órásnak akarta kiképeztetni; később, mivel a fiú a rajzolással is különös szeretettel foglalkozott, festővé akarta kiműveltetni.



Úgy látszik, hogy az ifjú Hooke az utóbbi pályától nem is idegenkedett, mert midőn atyja 1648-ban meghalt, egy ideig Lely festőnél tartózkodott.

Azonban csakhamar kitűnt, hogy Hooke a tudományos pályára termett; minélfogva egészségének helyreállta után a Westminster-iskolába lépett, ahol különösen az ókori nyelvek és a menyiségtan tanulásával foglalkozott; 1653-ban az oxfordi Christ-Church-college-be lépett, még pedig mint szolgáló-tanuló (goodman).

Itt az ő találékony szelleme gyorsan fejlődött. A repülésnek harmincz különféle módját találta ki, s egy repülő géppel önmagán is tett kísérleteket; azonban eme gépnek szerkezete ismeretlen maradt. Ő meg volt győződve, hogy csupán csak izmaink gyengesége miatt nem repülhetünk, minélfogva mesterséges izmokat készített; a hozzájuk való szárnyak hasonlítottak a bőregér szárnyaihoz. Eme kísérletei nem sikerültek ugyan, de szerkesztett egy másik gépezetet, mely rugók ál-

tal mozgatott szárnyak segítségével a levegőbe fölemelkedett.

Hooke, midőn idősebb és tapasztaltabb lett, belátta az efféle kísérletek meddőségét, minél-fogva komolyabb tanulmányokhoz fogott és hasznosabb találmányokon törte fejét. Oxfordban megismerkedett a Royal Society tagjaival is; Willis és Boyle őt pártfogásukba vették. Boyle-nál mint segéd pár évig dolgozott, s így alkalma volt, hogy találékonyságát gyakorlati úton érvényesíthesse; némelyek szerint tulajdonképen Hooke volt az, aki a kétköpűs légszivattyút feltalálta.

A spirálrugóknak a zsebórákra való alkalmazása egyike volt első nevezetesebb találmányainak. Hooke azt állította, hogy e találmány eszméjét már 1660-ban bírta. A rugalmasság, mint hajtóerő, már régóta alkalmaztatott. Állítólag egy nürnbergi órás már 1500 vagy 1510-ben készített rugós órákat, melyek később mindinkább elterjedtek, s hosszúkás alakjuk miatt nürnbergi tojá-

soknak neveztettek. Azonban mindezekben az órákban a rúgó a gépezet mozgatására szolgált, tehát ugyanazt a szerepet játszotta, mint a nehézségi erő által hajtott óráknál a felfüggesztett súlyok. Az utóbbi csoportba tartozó órák Olaszországban már a XIII-ik században használtattak, s valószínűleg a szaraczénok által váltak ismeretessé.

Minden órának, hajtassék az akár a rugalmasság, akár pedig súlyok által, olyan szabályozóra, regulátorra van szüksége, mely a gépezet járását egyenletessé teszi. Az említett órák is mindannyian el voltak látva regulátorokkal, ezek azonban oly tökéletlenek valának, hogy pontos időmérésről szó sem lehetett. Hooke érdeme éppen abban állott, hogy a rúgókat szabályozóként használta föl.

Analog eset adta elő magát az ingás órákkal. Galilei volt az első, a ki az ingalengések isochronismusát fölismervén, magát az ingát időmérőül használta. Az inga maga, mint időmérő,

kényelmetlen, mert a lengések a surlódás és a levegő ellenállása miatt mindinkább kisebbednek, tehát a lengési idők is fogyatkoznak, azonkívül a lengéseket folyton számlálni kell, a mi nagyon könnyen tévedésekre adhat alkalmat. Galilei mindezeket a hiányokat belátta, azért az ingát számláló készülékkel akarta összekötni; mivel azonban már vak volt, tervének kivitelét Vincenzo fiára bízta, a ki 1649-ben ilyen órát valóban szerkesztett is. Ez azonban még korántsem volt tulajdonképeni ingás óra, azaz olyan óra, melynél az inga mint regulátor alkalmaztatott volna. Huyghens-nek volt fentartva, hogy az ingát mint regulátort alkalmazza; a miről annak helyén még meg fogunk emlékezni. Most csak azt akartuk előtűntetni, hogy Hooke találmánya ugyanazt a szerepet játszotta a rúgós órákra nézve, mint Huyghens-é az ingás órákra nézve.

Hooke a rugót a ketyegővel kapcsolta össze olyformán, hogy a rúgó a mászókerék (Steigrad) által félrelökött ketyegőt a másik oldalra ismét

visszalökte. Hooke rúgója eleinte egyenes volt, s csak később hajtotta össze spirálszerűleg.

Hooke e találmányát Boyle-lal, ez pedig a Royal Society elnökével, lord Brouncker-rel és a Royal Society egyik tagjával, Moray-vel közölte. Ez az utóbbi két úr felbiztatta Hooke-ot, hogy a találmányból származó jövedelemre való tekintetből szabadalmat kérjen. A nyereségen azonban osztozkodni akartak, még pedig oly formán, hogy Hooke az első 6000 font sterlingből, melyet nyerni véltek,  $\frac{3}{4}$  részt, a következő 4000 fontból pedig  $\frac{2}{2}$  részt; s a többi nyereségből pedig a felét kapta volna. De mivel a találmány javításából származó nyereményekből Hooke-ot egészen ki akarták zárni, a társaság meghasonlott, s a szabadalom kieszközlését abban hagyták.

Hooke tehát találmányából anyagi hasznot nem húzhatott, azonban kevésbe múlt, hogy a feltalálás dicsőségétől is el nem esett. Ugyanis míg Hooke azon törte fejét, hogy mi módon húzhatná találmányából a lehető legnagyobb anyagi

hasznát, Huyghens nemcsak hogy az ingás órákat találta föl, hanem egyúttal arra a gondolatra is rájött, hogy szabályozóul a rugalmasságot is lehetne alkalmazni. Huyghens tervével a nyilvánosság előtt 1675-ben lépett föl. Az ingerlékeny Hooke-ot ez nagyon bántotta, s bár meg lehetett győződve, hogy a prioritás egyedül őt illeti, s hogy Huyghens-t gyanúsítania a legkisebb oka sem lehet, az utóbbit mégis majdnem nyíltan plagiatummal vádolta; Oldenbourg-ot, a Royal Society titkárát pedig avval támadta meg, hogy a társulatnál bejelentett találmányokat külföldi tudósokkal közli.

Helyén lesz, ha itt főlemlítjük, hogy a XVII-ik század közepén még egy harmadik személy is akadt, ki a rugós óra feltalálását igénybe akarta venni. Ez az orleansi Hautefeuille abbé (1647-1734), korának egyik legkitünőbb mechanikusa volt, a ki találmányát a párisi akadémiával 1674-ben előszóval közölte. Az ő regulátora is eleinte egyenes rugó volt, s csak később, mikor Hooke és Huyghens találmányával megismerkedett, al-

kalmazta ő is a spirálrúgót. Sőt Hautefeuille még az ingás órát is a maga találmányának mondotta, s Huyghens-t ebben az ügyben komolyan megtámadta. La Hire szerint Huyghens, ki ez időtájban Párisban tartózkodott, a rúgós óra eszméjére csakugyan Hautefeuille vizsgálatai alapján jött.

Hooke még egy másik találmány fölött is vitázott Huyghens-el. Ez a kúpos, vagy centrifugális inga volt. Hooke erről is állítja, hogy már 1660-ban ismerte, de róla említést csak az *Animadversions to the first part of the Machina coelestis* of J. Hevel, London, 1674. című műben tesz. Azonban Hooke ezt az ingát sohasem alkalmazta és az elméletét sem fejtette ki, holott Huyghens lengéseinek törvényeit is kifejtette, s különben is evvel a tárggyal 1656 és 1660 között foglalkozott.

Hooke továbbá igényt tartott a horgonyos akaszték (*échappement à ancre*) feltalálására is. Ezt a készüléket William Clement londoni híres órás 1680-ban találta föl, s azt akarta vele elérni,

hogy a lengés-táglatokat egyenlőkké tegye, tehát Huyghens ciklois-ingáját mellőzhesse. Hooke azt mondá, hogy ezt a készüléket már az 1666-iki nagy tűzvész után bemutatta a Royal Societynek.

II. Hooke a Royal Society tagjává és a mechanika tanárává lesz.

Találmányai az optikai és asztronómiai műszerek terén.

Hooke időközben tett találmányai, különösen pedig a már 1658-ban összeállított csillagászati különféle műszerei által oly hírnévre tett szert, hogy a Royal Society őt 1663-ban tagjává választotta. Tekintettel szorúlt anyagi helyzetére, a szokásos tagdíjat neki egyszer s mindenkorra elengedték, sőt még 30 font sterling évi fizetést is kapott, minek fejében arra köteleztetett, hogy a Royal Society ülésein a szükséges kísérleteket végrehajtsa.

Ugyancsak 1663-ban Sir John Cutler, a tudományok haladásaért lelkesedő hazafi, egy mechanikai tanszéket alapított, s ennek betöltésére évi



50 font sterl. javadalmazással Hooke-ot jelölte ki. Hooke ez állomást elfogadván, a mechanikából és a fizika különböző ágaiból nyilvános előadásokat tartott. Előadásai 1679-ben *Lectio-nes Cutlerianae* cím alatt nyomtatásban is megjelentek. Anyagi helyzete még az által is javult, hogy a Gresham-college-hez a geometria tanárává neveztetett ki.

A tevékenység, melyet Hooke ezután kifejtett, a fizikának majdnem valamennyi ágára kiterjed. De épen az által, hogy erejét annyira szétforgácsolta, s mert nem fektetett elegendő súlyt az elméletre, nem hatolhatott be oly mélyen a dolgok lényegébe, hogy a fizika valamelyik ágában korszakalkotó reformot teremthetett volna. Ha a mondott hibákban nem szenved, az utókor őt Newton és Huyghens-sel, az ő nagyhírű kortársaival méltán egy sorba állíthatná.

Hooke munkálkodása tényekben oly gazdag és változatos, hogy chronológiai sorrendjét mellőznünk kell, ha arról áttekinthető képet akarunk

nyújtani. Lássuk először is az optikai és asztro-nómiai műszerek körül kifejtett tevékenységét.

Hooke 1664-ben a szögmérő műszereket csavar segítségével osztotta be; 1665-ben a Royal Societynek olyan quadránst mutatott be, melylyel perczeket és másodperczeket lehetett mérni. A noniust önállóan találta föl, s ugyancsak ő alkalmazta, habár nem először, a szögmérő műszerek-nél a messzelátókat.

1666-ban a libellát találta föl. A fokméréseiről híres Picard szintén tarthat némi igényt e találmányra, mivel az 1684-ben megjelent *Traité du nivellement* című művében hasonló készüléket írt le. Picard az ő libellájában vizet, holott Hooke a sokkal alkalmasabb borszeszt használta.

Egy másik fontos találmánya a mikrométer, vagyis a fonálkereszttel ellátott messzelátó volt. Azelőtt csak szabadszemmel, vagy legfőlebb dioptrával irányoztak, tehát a kapott eredmények csak nagyon csekély pontosságot adhattak, minélfogva ama találmánynak a legnagyobb fontos-

ságot kell tulajdonítanunk. Itt azonban Hooke-nak egész sereg vetélytársa van. Nevezetesen Auzout és Picard, a francia akadémia rendeletére 1667-ben végrehajtott fokmérésnél már használtak fonálkeresztet; s ennek feltalálóiaként közönségesen ők szerepelnek. Ellenben az olaszok Malvasia grófot tekintik feltalálónak, mivel a messzelátójában ezüst fonalakból készített rácsot feszített ki. Huyghens és Hevel is használtak mikrométereket; az utóbbi párhuzamos csavarral elmozdítható fonalakból állott. Végre William Gascoigne már 1640-ben Horrox és Crabtree barátaihoz intézett levelében leírja az ő mikrométerét, mely két kihegyezett, élesszélű pléhdarabból állott; a pléhek hegyeit csavarral egymáshoz közelíteni vagy egymástól távolítani lehetett. Gascoigne lett volna tehát az első feltaláló, azonban az ő készülékeit kortársai nem ismerték, s csak halála után találták meg leírását hátrahagyott kézírataiban.

A mikrométer, vagy inkább annak használhatósága miatt, Hooke nem épen épületes vitába

keveredett Hevel danzigi csillagászzsal. Ez utóbbi 1668-ban *Cometographia* című művének egy példányát a többi között Hooke-nak is elküldötte; ez pedig eme figyelem viszonzásául *Description of the dioptric Telescop* című iratának egy példányát küldötte Hevel-nek.

Hooke ebben az iratban azt fejtegette, hogy a szögmérő-műszereken a messzelátóknak a dioptrák fölött nagy előnyük van. Ezt azonban az ekkor már öreg és a dioptrákhoz szokott Hevel nem akarta belátni, s az 1673-ban kiadott *Machina coelestis* című művében, melyben az addig használt csillagászati műszereit írta le, Hooke-ról említést sem tett. Azonkívül oda nyilatkozott, hogy ő a dioptrával éppen olyan pontosan észlel, mint Hooke a messzelátóval.

Mindez Hooke-ot nagyon bántotta, s ámbár Hevel-t a legkevésbé sem vádolhatnók avval, hogy Hooke-ot sérteni akarta volna, az utóbbi a már említett *Animadversions etc.* című művé-

ben ingerültségének nagyon szenvedélyes hangon adott kifejezést.

A mélyen sértett Hevel hasonló visszatorlás helyett fölkérte a Royal Society-t, hogy vizsgál-tassa meg Hooke messzelátóját. A társulat engedte a kívánságnak s Halley-t megbízta, hogy Hevel-lel összehasonlító észleleteket teendő, Danzigba utazzék. Halley 1679. május havában megérkezvén Danzigba, Hooke eszközeivel ugyanazokat az észleleteket tette, melyeket Hevel az övéivel tett. Jul. 18-án az észleleteket befejezték és az eredményeket összehasonlították. Halley kijelentette, hogy Hevel szabad szemmel, illetve a diopterrel ép oly pontosan észlelt, mint ő a messzelátóval.

Ebből a Hevel-re nézve mindenesetre nagyon hízalgő nyilatkozatból következtethetjük, hogy az akkori messzelátók még nagyon tökéletlenek lehettek, mert a mai eszközökkel a legjobb és leggyakorlottesville szabad szem sem állhatja ki a versenyt.

Hooke még a katoptrikai messzelátókkal vagy reflektorokkal is foglalkozott. Itt ugyan nem szerepel mint föltaláló, de megilleti az az érdem, hogy azt a reflektort, mely magánál a föltalálónál, Gregory-nál csak tervben maradt, 1674-ben tényleg ki is vitte, miután Newton már 1668-ban egy másforma szerkezetű teleskópot állított volt össze.

Ha a reflektor első feltalálója valóban Gregory, akkor a reflektor mindenesetre későbbi találmány, mint a dioptrikai messzelátó. Azonban egy arab monda szerint már az alexandriai világító tornyon egy oly tükör volt felállítva, melylyel még a görög kikötőből kiinduló hajókat is meg lehetett látni! E túlzásnak némi reális alapja mégis lehet, mivel a tükrőről több arab író tesz említést, sőt némelyik le is írja. Továbbá az olasz Burrattini 1672-ben Boulliau francia csillagászhoz egy levelet írt, melyben előadja, hogy a ragúzai kikötő egyik tornyán fölállított készülékkel a hajókat már 25-30 miglio távolságból meg lehetett látni, s hozzá teszi, hogy e készülék szerkezete

Archimedes-től ered. Végre, úgy látszik, hogy a khinaiak már nagyon régóta ismertek efféle készülékeket, mert a japáni nagy Encyclopédiá-ban le van rajzolva két holddal a Jupiter.

Az első, kiről történelmi bizonyossággal mondhatjuk, hogy tükörteleskópot készített, Zucchius jezsuita volt, ki 1616-ban kidolgozott tervét mintegy hét évvel a hollandi messzelátó föltalálása után végre is hajtotta. A reflektor eszméjével Mersenne is foglalkozott, s a készüléket össze is állította volna, ha Descartes őt eme szándékáról le nem beszéli. Végre James Gregory az 1663-ban kiadott *Optica promota etc.* című művében kész tervvel lépett föl.

Gregory készülékének szerkezete lényegében olyan volt, mint az a fizikai tankönyvekben jelenleg is le van rajzolva, csak hogy az átfúrt nagyobbik, mondjuk az objektív-tükör parabolás, a kisebbik pedig, mely az objektív-tükör által adott kép visszafordítására szolgál, ellipszises volt. Hogy a Hooke által tényleg kivitt teleskópban

valóban ilyen tükrök voltak-e alkalmazva, ezt a fönmaradt leírásokból és rajzokból el nem dönt-hetjük; annyi bizonyos, hogy a második tükör visszafordította kép szemlélésére egyszerű szem-lencse alkalmaztatott.

Hooke maga is sokat foglalkozván a messzelá-tók szerkesztésével és a lencsék köszörülésével, alkalma volt, hogy a már említett Auzout-val is összeveszzen. Auzout egy 600 lábnyi gyújtótá-volságú lencsét köszörült, azonban a megfelelő hosszúságú messzelátót összeállítani nem birta. Huyghens 1684-ben adta elő, hogy miképen le-het a lencséknek a levegőben való fölfüggesztése által a hosszú csöveket elkerülni, mely módszer-ről Hooke szintén állította, hogy ő azt már régeb-ben ismerte.

Ugyanez a Gregory volt az, a ki nevezett mű-vében avval az ajánlattal lépett elő, hogy a Mer-kur- vagy Vénus-átmenet a Nap parallaxisának meghatározása végett megfigyeltessék. Halley, a Gregory nagyhírű kortársa, ugyanerre az eszmére



jött, midőn 1677-ben a Merkúr-átmenetet megfigyelte; sőt 1716-ban külön iratban buzdította a csillagászokat (ő már nagyon öreg volt), hogy az 1761. és 1769-iki Vénus-átmenetet megfigyeljék. Ezen észleletek alapján ismerjük a Földnek a Naptól, s így a többi égi testektől való távolságát is, mert a legújabb (1874-iki) megfigyelések eredményei még nem tétettek közzé.

Hooke 1675 június 28-ikán terjesztette a Royal Society elé az általa föltalált fénytompítót, mely síktükrökből állott. E tükrök között a nap fényét többszörösen visszaverette, miáltal a fény annyira meggyöngült, hogy a szemre nézve tűrhetővé vált. E készüléknek az az előnye volt, hogy a nap fényét meggyöngítette, a nélkül, hogy az színessé vált volna. Újabb időben Brewster ugyanezt a célt a fény polározása által érte el; de mindezek a tompítók még sem tesznek jobb szolgálatot, mint a nagyon egyszerűen és kényelmesen kezelhető színes üvegek.

Hooke figyelme nem csak a messzelátókra, hanem még a mikroskópokra is kiterjedt. *Micrographia* or philosophical description of minute bodies című munkája már 1665-ben jelent meg (Londonban); ez a munka, az első, mely a mikroskópiával foglalkozik, méltó föltűnést keltett, s Hooke híre megalapításának egyik nagy tényezője volt. Az észleleteket előtűntető rajzokat maga Hooke metszette rézbe.

Hooke továbbá már 1665-ben egy olyan bűvös lámpát szerkesztett, melyhez nemcsak lámpafényt, hanem napfényt is lehetett alkalmazni, tehát a készülék napmikroskóp is volt. Az eszközt 1668-ban a *Philosophical Transactions*-ban írta le; 1694-ben a Royal Society-nak egy különös szerkezetű sötét kamarát mutatott be.

III. Hooke asztronómiai észleletei. - Az állócsillagok évi parallaxisa.

Hooke a messzelátóknak nemcsak elkészítésével foglalkozott, hanem asztronómiai észleleteket is tett velök. Így 1664-ben fölfedezte a Jupiteren,

1666-ban pedig a Marson levő foltokat, s ezek segítségével meghatározta eme bolygók tengely körüli forgása idejét. Emez észleletei egy időbe esnek a híres Domenico Cassini-nek, a párisi új csillagvizsgáló első igazgatójának (1625-1712) ugyane tárgyra vonatkozó észleleteivel.

Már Galilei mondotta, hogy az állócsillagok évi parallaxisa (az a szög, mely alatt valamely álló csillag középpontjából a földpálya sugara látszik), ha pontosan meghatározhatnák, a Föld napkörüli keringésének egyik hathatós bizonyítéka volna.

Hooke a Sárkány nevű csillagzat fejében levő fényes csillagot a téli és nyári solstitium idejében több éven át megfigyelve, azt tapasztalta, hogy eme csillag a téli solstitium idejében 27-30 másodperczcel van közelebb a zenithez, mint a nyári solstitium idejében. Emez észleleteit az *An attempt to prove the motion of the earth*, London, 1674. című művében tette közé, s azokat csakugyan úgy tekinté, mint a Föld napkörüli kerin-

gésének egyik bizonyítékát. Az elv mindenesetre helyes és igaz volt, csak hogy a Hooke észleletei aligha voltak olyanok, hogy azokból a mondott következtetést jogosan lehetett volna vonni. E kényes föladat megfejtése az újabb időknek volt föntartva. Hooke észleletei igazán jelentősekké az által váltak, hogy később a fény aberrációjának föltalálására vezettek.

#### IV. Elméleti optikai vizsgálatok.

Hooke a már említett Micrographiá-ban leírta a vékony lemezek színeire vonatkozó észleleteit is.

Eme színeket először a csillámlemezeken észlelte, s kimutatta, hogy az ugyanolyan színű gyűrűk a lemez vastagságának egyenletes változásai-ból erednek.

A szappanbuborékoknak már Boyle észlelte színeit a Royal Society-nak 1672 márcz. 7-én mutatta be. A tulajdonképeni színgyűrűket az által hozta létre, hogy két prizmát, melyek közül az egyiknek kissé domború lapja volt, egymáshoz

szorított. Ez a kísérlet volt az, mely Newton-t arra készítette, hogy e tárggyal tüzetesen foglalkozzék.

Hooke a diffrakcióval is foglalkozott, és sajnálnunk kell, hogy eme tárgyat, épen úgy, mint a vékony lemezek színeit, behatóbban nem vizsgálta meg. A kísérletek, de az eszmék is, melyeket 1675-ben a Royal Society elé terjesztett, lényegükben megegyeznek Grimaldi-nak 1665-ben - tehát csak 10 év előtt - megjelent művében leírattal. Hooke a nélkül, hogy Grimaldi munkáját ismerte volna, kísérleteiből azt következteté, hogy "a fény valamely összenyomhatatlan finom közeg nagyon csekély táglatú gyors rezgéseiből áll." De az ő fogalmai is, épen úgy mint a Grimaldi-éi, még nagyon zavarosak voltak. A többi között azt állította, hogy ama rezgések pillanatnyilag terjednek, a mi a Descartes-ével rokon fölfogás. Sőt megkísérlette, hogy Römer-nek a Jupiter-holdakon tett észleleteiből vont ama következtetést, mely szerint a fény terjedési sebessége véges, megczáfolja! De azután, épen úgy

mint Descartes, önmagával jött ellenkezésbe, a mikor is a sugártörés tüneményét kimagyarázandó, mégis föltette, hogy a fény különböző sűrűségű közegekben különböző sebességgel terjed; továbbá, hogy a színeket kimagyarázza, föltette, hogy különböző színű sugarakban az egyes impulzusok, melyekből a fénymozgás áll, egymás után következnek. A vékony lemezek színeit ezzel a különben helyes, de a föntebbi alapföltevéssel ellenmondó hipotézissel akarta megmagyarázni.

Alig lehet elképzelni, hogy a körülmények mi-féle összeműködéséből eredhetett a Hooke által 1672-ben kimondott az a tétel, mely szerint "a fény abban az egyenletes közegben, melyben létrejött, egyszerű és egyenletes és a terjedési irányra függélyes impulzusok vagy hullámok által terjed tova."

Ez a tétel nem lehetett a spekuláció szüleménye, mert a diffrakció kimagyarázására nem kell tranzverzális hullámokat fölvennünk, s csak a

polározódás az, melyet longitudinális hullámokkal kimagyarázni nem lehet.

Mindenesetre szükséges lett volna, hogy Hooke vizsgálatait folytassa és eszméit tisztázza, s ekkor a hullámelmélet ügyén nagyot lendíthetett volna. De így is, épen úgy mint Grimaldi, őt is a hullámelmélet egyik előfutójának kell tekintünk. Sőt Young és Arago őt nemcsak előfutónak, hanem megalapítónak is tekintették. Verdet szerint Young azért akarta az alapítás dicsőségét Hooke-ra átruházni, mivel a saját nézeteit a Royal Society-val, mely előtt Newton igen nagy tekintélyben állott, elfogadtatni akarván, egy szintén nagytekintélyű angol tudóst akart Newton-nal szembe állítani. Ellenben Arago, ki Hooke műveit alaposabban tanulmányozta mint Young, Hooke-nak az övéivel bizonyos tekintetben analog szellemi fordulatai által tudtán kívül elcsábítatva, Hooke-nak homályos és gyakran téves eszméire nagyobb súlyt fektetett.

Ugyancsak 1672-ben terjesztette be Newton is az ő szín-elméletét. Az ellentétes állású Hooke nem is késett, hogy Newton-t megtámadja. Hogy azonban lényegükben véve helyes nézeteit a nagytekintélyű Newton-nal szemben diadalra juttathassa, ehhez még nem volt eléggé tisztában önmagával; szenvedélyességgel pedig nem sokat lehetett ártani a higgadt Newton-nak, ki különben is valamelyes eszméjével csak akkor lépett föl, ha avval már egészen tisztában volt.

## V. A gravitáció elmélete.

Hooke a fényelméletben Newton-nak ellenlábasa, de az elméleti fizikának egy másik ágában, a gravitáció elméletében, előfutója volt.

Sem Kopernikus, sem Kepler, sem Borelli nem közeledtek annyira a gravitáció elméletéhez, mint Hooke. A már említett *An attempt to prove etc.* című művében ezeket mondja:

"Olyan világrendszert fogok előterjeszteni, mely az eddig ismertektől sok tekintetben különbözik, s a mechanika törvényeinek minden ízé-



ben megfelel és a következő három szuppozíción alapszik:

"Minden égitestnek a középpontja felé ható attrakciója vagy nehézsége van, a melynél fogva nemcsak hogy a saját részei együtt maradnak.... hanem még a hatáskörükön belül fekvő többi égitesteket is vonzzák, miből következik, hogy nem csak a Nap és a Hold gyakorolnak befolyást a Föld mozgására, a mint szintén a Föld is hat rájuk, hanem hogy még a Merkúr, Vénus, Mars, Jupiter és Saturnus is attraktív képességük-nél fogva szintén jelentős befolyást gyakorolnak a Föld mozgására."

"Minden égitest, melynek egyszerű és egyenes vonalú mozgása van, egyenes vonalban tovább mozogna, ha valamely erő az egyenes vonaltól folytonosan el nem térítené, s arra nem kényszerítené, hogy körben, ellipszisben, vagy más görbe vonalban mozogjon."

"Az attrakció annál hatalmasabb, minél közelebb van a vonzó test."

Az utolsó szuppozíció után még a következőket mondja; "Mármost, a különböző távolságokhoz képest minő mértékben fogyatkozik az attrakció? Ezt kísérleti úton még nem határoztam meg."

Mindezekből kitűnik, hogy Hooke-nak még csak azt kellett volna föltalálnia, hogy mily törvény szerint fogyatkozik a vonzó erő a távolság növekedtével, s akkor őt kellene a gravitáció törvényének föltalálójául elismernünk. Newtonnak nem maradt volna egyéb hátra, mint hogy a gravitáció és a földi nehézség azonosságát mutassa ki.

Hooke a második szuppozícióját, mely a tehetetlenség törvényét fejezi ki (az egyszerű mozgás az egyenletest jelenti), kísérletileg is kimutatta. Mindamellett, hogy nyíltan kijelenté, hogy a vonzó erő fogyatkozásának törvényét még nem sikerült föltalálnia (és hozzá tévé, hogy a törvény ismerete nagyon fontos volna), mégis később e törvényre is igényt tartott, még pedig nem alaptá-

lanúl, mert a mint később még látni fogjuk, a szóban forgó törvényt Newton-on kívül még többen is föltalálták. Egyelőre csak annyit jegyzünk meg, hogy Newton, ki a gravitáció eszméjével már 1665 óta foglalkozott, 1674-ben a mikor is az *An attempt to prove* megjelent, az ő elméletét bizonyára már legalább is annyira kifejtette volt, mint Hooke a magáét. Csakhogy Newton, mint már említettük, az elméleteit csak akkor hozta a tudományos világ színe elé, ha velük már egészen tisztában volt, s ez az oka annak is, hogy a híres *Philosophia naturalis* csak 1687-ben jelent meg.

Hooke 1679-ben a szabad esésre vonatkozó olyan kísérleteket hajtott végre, melyekkel a Föld forgását akarta kimutatni. Azonban e kísérletek eszméje Newton-é volt, minélfogva e tárgyról Newton-nál fogunk szólni.

VI. Hookenak egyéb fizikai vizsgálatai és találmányai.

Brewster szerint Hooke ismerte a jég olvadási pontjának és a forráspontnak állandóságát, de Hooke irataiban erről említést nem tesz.

Hooke-nak a Royal Society elé 1691-ben terjesztett készülékei között van egy bathométer, mely a tenger mélységének mérésére, továbbá egy neme a minimum-hőmérőnek, mely a tenger mélyében uralkodó mérséklet meghatározására szolgált volna; végre Hooke egy különös módszerrel ajánlott, melylyel a bűvárharangokat friss levegővel akarta megtölteni.

A levegő nyomására vonatkozó számos kísérletét Boyle-al együttesen hajtotta végre, s a légszivattyún állítólag oly nagy harangot alkalmazott, hogy abban egy ember is elfért, sőt pneumatikus kísérleteket önmagán is hajtott végre. Továbbá még javította a barométert; az általa feltalált barométer hasonló volt az Amontons léghőmérőjéhez.

A légkör magasságát meghatározandó, azt 35 láb magas rétegekre osztotta föl, s az egyes réte-

geket egyenletes sűrűségűeknek tételezván föl, kereste, hogy a nyomás fogyatkozásával ama rétegek mennyire terjednek ki, tehát lényegében véve Mariotte eljárását követte.

Számításaiból kitűnt, hogy a légkör végtelenül magas, s mivel ezt maga sem akarta elhinni, azt mondá, hogy a Boyle törvénye, melyet számításainál alkalmazott, helytelen. Ezt az állítását kísérleti úton is be akarta bizonyítani.

Hooke foglalkozott még a levegő sűrűségének meghatározásával, a hajcsövekkel, a jég sűrűségével s a testek rugalmasságával. Az utóbbira nézve azt találta, hogy a nyújtott testnek meghosszabbodása arányos a nyújtó erővel. Sokoldalúsága még az akusztikára is kiterjedt. 1681. júl. 27-én kísérletekkel megmutatta, hogy miként lehet sárgaréz kerek fogáival zenei és egyéb hangokat létrehozni. A kerek fogai egyenlő szélesek voltak a zenei hangoknál, s különböző szélességűek voltak az emberi hangoknál. A fogak számait egyszerű viszonyokba hozván, kü-

lönféle akkordokat hozott létre. Ezek szerint Hooke megelőzte Savart-nak újabb időben végrehajtott idevonatkozó kísérleteit.

Találmányai közül főlemlítendők még: az ombrométer (esőmérő), a telegráf, melyet már Amontons-nál említettünk; egy olajlámpa, melynek égetőjében az olaj mindig egyforma magasan állott; egy eszköz, melylyel a napórák mindegyik fajtát föl lehetett rajzolni; egy készülék, mely a hallás javítására szolgált (hallócső?); egy körző, melylyel spirálokat s más görbéket lehetett rajzolni; végre egy új szerkezetű szélmalom.

VII. Hooke mint építő. Titkári hivatala a Royal Societyban. - Jelleme, halála.

Hooke nem csak kitűnő fizikus, hanem még tehetséges műépítő is volt, miről az általa épített Montaigu-kastély, a Hokton-kórház, az orvosok kollégiuma s a szomszédságában levő színház stb. fényes tanúbizonyságot tesznek. Midőn 1666-ban London városát a tűzvész majdnem teljesen elpusztította, Hooke a város rekonstrukci-

ójára tervet dolgozott ki, mely terv köztetszésben részesült s a lord-mayor és az aldermanok által el is fogadtatott. A parlament az új telekrendezéshez mint biztost Hooke-ot nevezte ki. Hooke fényesen megfelelt küldetésének, de másrésről nem mulasztotta el, hogy ezt az alkalmat szerény vagyonának gyarapítására fölhasználja.

1678-ban, Oldenbourg halála után, a Royal Society Hooke-ot titkárává választotta. Hooke ezt a hivatalt minden töle kitelhető buzgalommal viselte. 1696-ban újabb kísérletek végrehajtására tetemes összegeket kapott. Azonban a rendkívüli munkásság, melyet kifejtett vala, egészségét teljesen aláásta. Naponként csak néhány órát aludt, s ekkor is ruhástúl feküdt le, csak hogy munkára több ideje maradjon! Szemei végtére egészen elgyengültek.

Hooke hosszas betegség után 1703 márcz. 3-án, 68 éves korában halt meg. Miként híres kortársai, Boyle, Newton, Huyghens és Leibnitz, ő is nőtlen volt.

Hooke-nak a külseje sem volt valami megnyerő; már születése óta púpos volt. Ehhez járult túrheteretlen jelleme: mindenki iránt bizalmatlan, irigy és gyanakodó volt. Kortársaira hamarosan ráfogta, hogy találmányaik nem egyebek, mint az ő találmányainak plagiátumai. Szerencse, hogy jó tulajdonságai a rosszakat teljesen egyensúlyozták, s maradt még elég érdeme, melyek által az utókor tiszteletét és elismerését magának minden időkre biztosította. Épen ezért nagyon igazságtalanoknak és méltatlanoknak tartjuk Biot-nak Hooke elleni kifakadásait, különösen pedig ezt a megjegyzését: "Hooke-ról ugyanazt lehetne elmondani, amit később D'Alembert Fontaine-ről Lagrange-nak írt: Fontaine meghalt; ő szellemes ember és gonosz ember volt. Halálával a társadalom többet nyert, mint a mennyit a geometria veszített." Igazságosabbnak és helyesebbnek tartjuk Tyndall következő ítéletét: ha Hooke nem a Newton idejében él, az utókor elismerése bizonyára még nagyobb volna; azonban Newton mel-



lett az ő érdemei háttérbe szorultak. Tehetség dolgában semmi esetre sem maradt Newton mögött.

# HUYGHENS



I. Huyghens ifjúsága. Matematikai tanulmányai és fölfedezései.

Christian Huyghensvan Zuylichem 1629 apr. 14-én Hágában született. Konstantin nevű atyja, az orániai hercegek titkos tanácsosa, a matematikában és a szépirodalomban jártas férfiú volt; anyja, Suzana van Haerle, szintén előkelő családból való volt; Kamill nevű nagyatyja pedig brabanti nemes, tehetséges író és államférfiú volt.

Látjuk tehát, hogy a Huyghens-család jeles férfiakban nem szűkölködött, azonban a mi Huyghens-ünk nélkül a család aligha tartotta volna fenn hírnevét évszázadokon keresztül is.

Huyghens első oktatásáról atyja gondoskodott; az ő vezetése alatt a számtanban, a geografiában és a zenében gyorsan haladt, s e mellett a görög és latin nyelvet nagy buzgalommal tanulta. Már 13 éves korában a látott gépeket, a mennyire tőle csak kitelhetett, híven utánozta, s már ez által is elárulta a mechanika iránti hajlamait, melyeknek

később is engedve, fényes eredményeket volt létrehozandó.

Tizenöt éves korában a matematika tanulmányozásához fogott. Eme tudományra Stampioen belga matematikus tanította, a ki, Descartes szerint, csak közepszerű tehetség volt. De az ifjú Huyghens az ő vezetése alatt mégis szép előmenetelt tett, a mi azt bizonyítja, hogy Stampioen, ha mint tudós nem is volt valami kitünőség, mint tanító derekasan megállotta helyét.

Huyghens 16 éves korában a leydeni egyetemre ment, hogy ott, atyja kívánsága szerint, a jogot hallgassa. Azonban Schooten professzor vezetése alatt matematikai tanulmányait is folytatta, s e tudományban oly gyorsan képezte ki magát, hogy 17 éves korában már jeles matematikusnak hírére tett szert. 1646-tól 1649-ig Brédában tanult. A brédai főiskola ekkor még új, de máris nagyhírű intézet volt; igazgatásában Huyghens atyja is részt vett.

1649-ben visszatért Hágába, s innét Henrik nassauai herceget kísérve, Holsteinba és Dánországba utazott. Ez alkalommal nagy kedve lett volna Svédországba menni, hogy az akkoriban Stockholmban tartózkodó Descartes-ot meglátogassa, azonban a nassaui hercegnek, a mint diplomáciai küldetésének eleget tett, haladéktalanul vissza kellett térnie Hágába.

Huyghens most Schooten és Pell támogatása mellett újra a matematikához látott. Descartes meg volt lepve, midőn Schooten a 20 éves Huyghens-nek első kísérleteit vele közölte, és sietett, hogy elismerését kifejezze s hogy Huyghens-nek a matematika terén fényes jövőt jósoljon.

Huyghens már 1649-ben, a nassaui herceggel való utazása alkalmával egy híres könyv birtokába jutott. Ez Gregorius-nak *Exetasis cyclometriae Gregorii a St. Vincentio, Hagae, 1647.* című műve volt, melyben a szerző a kör négyszögesítésének általa feltaláltnak vélt módját is közölte, s ennek tulajdonítandó, hogy a szakközön-

ség ezt a máskülönben kitűnő munkát nagy érdeklődéssel fogadta. Descartes volt az első, ki Gregorius-nak a négyszögesítésben elkövetett hibáit kimutatta; azonban a probléma az ifjú Huyghens figyelmét sem kerülte el s 1651-ben kiadta első értekezését *De quadratura hyperboles, ellipsis et circuli ex dato portionum gravitatis centro*, Hagae, 1651. cím alatt, s ebben a többi között Gregorius hibáit világosan földerítette. Montucla ezt az értekezést a csín és a szabatosság mintaképének nevezi.

Ez a mű több rendbeli dolgozatnak csak előfutója volt. Már 1654-ben Huyghens-nek *De circuli magnitudine inventa nova* című munkája jelent meg. A 24 éves Huyghens a geometriának legnehezebb problémáival sikeresen foglalkozott: meghatározta a konoidok fölületét; a görbék kiegyenesítésére új módszert talált föl; meghatározta a cissoida (repkény-vonal) hosszúságát; felfeltalálta a burkolók egy új elméletét s egyszerűsítette Descartes- és Fermat-nak az érintőkre s a legnagyobb és legkisebb értékek meghatározásá-

ra vonatkozó szabályait. A következő években több rendbeli értekezést írt a dioptrikáról, de ezek csak halála után jelentek meg. Ez időtájban kezdett foglalkozni dicsőségének egyik legfényesebb és legállandóbb emlékével is: a fény hullámelméletével.

1665-ben utazott először Franciaországba, még pedig csak avval a szándékkal, hogy tapasztalatokat gyűjtsön; kitüntető fogadtatásokra nem számított. De híre már rég átlépte volt kicsiny hazájának szűk határait s Franciaországban nagyon is ismerték a tehetséges ifjú tudóst: a tudományos körök kitüntetéssel fogadták s az angers-i akkori protestáns egyetem jogtudorrá avatta föl.

Ugyancsak 1656-ban a valószínűség-számításról értekezést írt; az elsőt erről a tárgyról. E számításnak elveit Pascal és Fermat állapították meg. Huyghens a Pascal és Fermat tárgyalta feladatokat a saját felfogása szerint oldotta meg, s azokhoz új feladatokat csatolt. Értekezéseit hollandi nyelven írta; Schooten latinra fordította.

Nem feladatunk, hogy eme munkáját bővebben elemezzük, csak azt akarjuk megjegyezni, hogy mintegy ötven évvel később a híres Bernoulli Jakab ugyanerről a tárgyról írt *Ars conjectandi* című művében a Huyghens értekezését kommentár kíséretében Bevezetés-ül használta föl.

II. Az ingás óra. - Optikai eszközök. - A Saturnus rendszere.

Huyghens fizikai vizsgálatainak első gyümölcse 1658-ban *Horologium* cím alatt jelent meg.

Eme rövid iratban legfontosabb találmányainak egyikéről, az ingás órákról értekezett; az inga ilyenén alkalmazását 1657 december havában találta föl.

Mindenki átlátta e találmány rendkívüli fontosságát, s a nevezett irat gyors elterjedése által az ingás óra csakhamar ismeretessé vált. Mindenütt átalakították a régi órákat: a régi regulátorokat kiszedték és ingákkal pótolták, sőt Scheveningen- és Utrechtben a toronyórákat is ingákkal látták el. Huyghens találmányát mindenütt nagy



lelkesedéssel fogadták, miről a külföldről kapott nagyszámú iratok, melyek Huyghens hagyatékában feltaláltattak, ékesen tanúskodnak.

A dioptrika elméleti része Huyghens-t a gyakorlati részre, s ez ismét csillagászati fölfedezésekre vezette.

Huyghens meg volt győződve arról, hogy az addigi teleszkópoknál jobbakat is lehetne készíteni, ha a lencsék készítésére több gond fordítatnék. Ennélfogva figyelme először is a lencsék javítására irányult. Huyghens egy üvegmetező és köszörülő gépet talált föl, s e gép segítségével Konstantin nevű bátyjával együttesen hozzáfogott a lencsék készítéséhez; ezután összeállított egy 10 láb hosszúságú teleszkópot, melynek térátható ereje valamennyi addigi messzelátóét jóval túlhaladta.

Evvel a messzelátóval tette Huyghens azokat az asztronómiai fényes fölfedezéseket, melyek méltán vetekednek Galilei hasonnemű fölfedezé-

seivel: Huyghens a Saturnus rendszerét fedezte föl.

A naprendszerben Saturnus párját eddigelé sem ismerjük. Emez égitestnek sajátos rendszere egyike az égboltozat legérdekesebb jelenségeinek, s a ki arra először derített fényt, annak ez az érdeme egymagában elegendő volna arra, hogy nevét a tudomány az utókor számára megőrizze.

Hogy itt nem közönséges fölfedezéssel van dolgunk, ezt már az a körülmény is mutatja, hogy Huyghens előtt más csillagászok is megfigyelték a Saturnus gyűrűit, a nélkül, hogy tudták volna, hogy tulajdonképpen mivel van dolguk. Galilei azt mondá, hogy a legtávolabbi bolygót háromszorosnak látta, de mivel a következő észleleteinél a gyűrűk nem voltak az észleletre nézve kedvező állásban, a Saturnust ismét rendes alakúnak látta s többé nem gondolt vele. 1640-ben Gassendi, s tíz évvel később Riccioli és Grimaldi figyelték meg a Saturnust, s azt mondták, hogy ennek az

égitestnek olyan a külseje, mintha fülei volnának. Hevel, a danzigi csillagász, a Saturnus külső formájában 15 évi periodust is vett észre, de sem ő, sem pedig Cassini, nem voltak képesek a tüne-  
ményt teljes valóságában fölismerni.

Huyghens 1655-ben fedezte föl a Saturnus egyik, a bolygótól számítva hatodik holdját, nem sokára rá pedig a gyűrűjét. Fölfedezését 1656-ban *De Saturni luna observatio nova, Hagae, 1656.* című iratában tette közzé, de azt a kor szokása szerint csak betűrejtvényben közölte. Az egyik rejtvénynek értelme ez volt: *Saturno luna circumducitur diebus sexdecim, horas quatuor*, azaz, Saturnust a holdja 16 nap és 4 óra alatt futja körül; a másik betűrejtvény pedig ezt vala ki-fejezendő: *Saturnus cingitur annulo tenui, plano, nusquam cohaerente et ad eclipticam inclinato*, azaz, Saturnust vékony, sík, vele soha össze nem függő és az ekliptikához hajló gyűrű övezi körül.

Huyghens az első rejtvényt teleskópjának tárgylencséjébe karczolta. Azonban a megfejtést

nem bírta bevárni, mert fölfedezéseit az időközben szerzett tapasztalatokkal együtt 1659-ben nyíltan közzétette. A *Systema Saturnium* című ide vonatkozó munkáját Lipót medicei hercegnek ajánlotta.

Könnyű elképzelni, hogy Huyghens fölfedezése a csillagászok körében rendkívüli föltűnést keltett. Miként Galilei idejében a Jupiter, úgy most a Saturnus volt kitéve a messzelátók ostromának, s valóban, 1671 és 1684 között Cassini még négy saturnus-holdat (a harmadikat, negyediket, ötödiket és nyolczadikat) fedezett föl. S valamint annak idején akadtak olyanok, kiknek a Galilei fölfedezései sehogy sem tetszettek, úgy most találkoztak olyanok, kik a Saturnus gyűrűjét és holdjait még látni sem akarták. Ezek közül az egyik Honré Fabri páter volt, a ki Eustachio di Divini optikust felbiztatta, hogy Huyghens ellen nyíltan kikeljen. Divini a *Brevis annotatio in Systema Saturnium Chr. Hugonii, Romae, 1660.* című iratával meg is támadta Huyghens-t, ki azonban a *Brevis assertio systematis Saturni sui,*

Hagae, 1684. című feleletével a Divini ellenvételeit halomra döntötte, de nem tartotta érdekesnek, hogy Gallet-nek 1684-ben kiadott iratára válaszoljon. Ez a Gallet a Saturnusra vonatkozó fölfedezéseket optikai csalódásnak qualifikálta.

Már Hooke-nál említettük, hogy Huyghens egy mikrométert talált föl, továbbá, hogy azon volt, hogy a nagy gyújtótávolságú lencséből csőnek mellőzésével állítson össze teleszkópot. A toulouse-i Bossal azt az ajánlatott tette, hogy a hosszú messzelátók egyszer s mindenkorra szilárdan állíttassanak föl, s az égi testek képei tükrök segítségével vezettessenek a messzelátóba. Huyghens belátta, hogy ez az eljárás nem volna czélszerű, minélfogva a lencsét a levegőbe függesztette föl; ugyanezt az eljárást Auzout is ajánlotta, de úgy látszik, hogy Huyghens-nek arról tudomása nem volt, különben is, mint ezt már említettük, Auzout az ő 600 lábnyi gyújtótávolságú lencséjével nem tudott elbánni.

Huyghens-nek az imént említett módon berendezett egyik messzelátóját két angol csillagász is használta: Pound és Bradley avval 1718-ban a Saturnust észlelték. Huyghens berendezését jelenleg már nem használjuk, mert az aplanatikus és achromatikus lencsék alkalmazása által csekély hosszúságú, de azért erősen nagyító messzelátókat lehet készíteni; azonban Huyghens korában ama berendezésnek nagy fontossága volt.

Huyghens az ő berendezését *Astroscopia compendiarum tubi optici molimine liberata*, Hagae, 1684. című művében ismertette.

### III. Huyghens Párisban.

Huyghens 1660-ban másodszor utazott Párisba; a következő évben pedig Angolországba ment, s itt az angoloknak bemutatta az általa felfeltalált lencse-köszörülést és teleszkópjait. Eme találmányai a legnagyobb elismeréssel fogadtattak.

Az angol fizikusok ez időtájban leginkább a légszivattyúval és a légnyomásra vonatkozó kísérletekkel voltak elfoglalva, minélfogva Huyg-

hens-nek alkalma volt, hogy a fizikának emez ágával tüzetesen megismerkedjék. A mint hazájába visszatért, maga is hozzálátott a légszivattyú tökéletesítéséhez. Ugyanekkor találta föl a rugalmas testek ütközésének törvényeit is.

1663-ban harmadszor ment Párisba, s innét rövid idő múlva atyja társaságában Londonba utazott, s itt a Royal Society tagjává választatott. Nehány havi tartózkodás után ismét visszament Franciaországba, még pedig ez úttal hosszú időre.

XIV. Lajos francia király, hogy a tudományoknak és művészeteknek hatalmasabb lendületet adjon, a nála nagy kegyben álló Colbert tanácsára a külföld leghíresebb tudósait Franciaországba hívta. E tudósok között volt Huyghens és Cassini is. A föltételek nagyon kedvezőek voltak; Huyghens-nek tetemes évi járadékot és a Louvre könyvtári osztályában lakást ajánlottak, Cassini-t pedig kinevezték az akadémia tagjává

és a csillagvizsgáló igazgatójává, mely állását a legnagyobb buzgalommal 41 éven át töltötte be.

Huyghens az ajánlatokat elfogadván, a Louvreban telepedett meg. Ebbe az időszakba esik szellemi tevékenységének súlypontja. Idejét részint a régibb találmányainak javításával, részint pedig a ciklois és a burkolók elméletére és a lengésközéppontra vonatkozó munkáinak kidolgozásával töltötte; a gyakorlati mechanikai foglalkozásának legfényesebb eredményére, az ingás órára vonatkozó második művét is itt adta ki. E művet, mely *Horologium oscillatorium*, Paris, 1673. cím alatt jelent meg, XIV. Lajosnak ajánlotta. A dedikációban hálásan ismeri el a királytól vett jótéteményeket, s ingás órájára, mint példára hivatkozva, kijelöli szellemi tevékenységének általános irányát, azaz, hogy tudományos vizsgálataiban mindig közhasznú eredményekre törekszik.

Mivel Huyghens eme találmányára és tudományos vizsgálataira még visszatérünk, működésé-



nek csak kisebb fontosságú mozzanatait akarjuk fölemlíteni. Ide tartozik a puskaapor-gép, melynek célja az lett volna, hogy a versaillesi reservoárokat vízzel táplálja; eme gép után vette az ez időben Huyghens-nél alkalmazott Papin az ő gőzgépének eszméjét. Azonban Hautefeuille abbé nemcsak az ingás óra feltalálását akarta a maga részére lefoglalni, hanem a puskaapor-gépet is, s mivel Hautefeuille annyira ment, hogy a Huyghens által az órákra kért szabadalom elnyerését is meg akarta akadályozni, a két férfiú között nagyon feszült viszony állott be, de végtére Hautefeuille képzelt igényeitől mégis elállott.

Huyghens értekezéseit részint a Royal Society-nek küldötte, részint pedig a párisi akadémiában olvasta föl. Az utóbbiak közé tartozik egy ki nem adott értekezése a mágnességről; ebben a földet, úgy mint Gilbert, egy nagy mágnessel hasonlítja össze. 1672-ben a Royal Societyvel egyik régibb sajátságos észleletét közölte. Ez abban állott, hogy egy az egyik végén zárt üvegcsövet vízzel megtöltött, s ezután a csövet felfordította. A lég-

nyomás miatt a víz nem folyt ki; de nem folyt ki akkor sem, midőn a felfordított csövet a légszivattyú harangja alá tette, s a levegőt kiszivattyúzta. Hasonló kísérletet kénesővel is tett: egy 75 hüvelyk hosszú barométercsőből a kéneső nem esett le. E rendkívüli tünetmények oka csakis a tapadás lehetett, mert Huyghens megjegyezte, hogy a legkisebb levegőbuborék vagy rázkódtatás által a víz a csőből egészen kifolyt, a kéneső pedig a 28 hüv. rendes állásra esett le. E kísérletek méltó föltűnést keltettek s különféle hipotézisekre adtak alkalmat. Hasonló tünetényt a legújabb időkben Magnus is, a gőz feszítő erejére vonatkozó vizsgálatainak alkalmával, észlelt.

Huyghens 1681-ig állandóan Párisban tartózkodott, s csak 1670-ben ment egészségi szempontból rövid időre hazájába. Talán haláláig Párisban maradt volna, ha a nantesi ediktum megszüntetésével helyzete, mint protestánsé, meg nem nehezült volna. Huyghens nem akart hitsorsosai üldöztetésének szemtanúja lenni, s elhatározta magát, hogy hazájába visszatér. Mások sze-

rint hanyatló egészsége volt ez elhatározásának oka, mert Huyghens később maga mondá, hogy mitől sem kellett tartania, azonban lehet, hogy hanyatló egészségét csak ürügyül hozta föl. Huyghens 15 éven át köztiszteletnek örvendett a francia fővárosban, s jóakarói marasztalták is, ő azonban nem akarta a törvények oltalmát magán protekcióval fölcserélni.

IV. Huyghens Hollandiában. - Találkozása Newtonnal.

Huyghens életének hátra levő részét hazájában töltötte, s mivel kedvező anyagi helyzete őt az élet gondjai alól fölmentette, idejét ezentúl is a tudományoknak szentelhette.

1682-ben azon volt, hogy egy planetáriumot, azaz olyan gépet állítson össze, mely a bolygók járását lehetőleg híven előtüntesse. Eme gép szerkesztése közben egy matematikai fontos fölfedezést tett. Ugyanis a gépen a bolygók egymástól való távolságait és keringésidejüket abban a viszonyban akarta előtüntetni, melyben azok

egymáshoz a valóságban állanak. Azonban eme viszonyok csak igen nagy számok által fejezhető ki, minélfogva a fogaskerekeken a fogak számát igen nagyinak kellett volna fölvenni. Huyghens egyszerűbb viszonzszámokat keresvén, megtalálta a közelítő törteket s fontosabb tulajdonságaikat matematikailag levezette. A láncztörtekkel Huyghens előtt már többen foglalkoztak, de csak ő ismerte föl azoknak különös tulajdonságait s gyakorlatilag ő alkalmazta azokat először.

Huyghens az állócsillagoknak egymástól való távolságáról is közelebbi adatokat akart magának szerezni. E célra olyan csövet szerkesztett, melynek nyílásán át a Napot szemlélve, ezt akkorának látta, mint éjjel szabad szemmel szemlélve a Sziroszt, az állócsillagok legfényesebbikét. Huyghens azt találta, hogy a Sziros látszólagos átmérője 27660-szor kisebb mint a Napé, miből - a Napot a Szirossal egyenlő nagyságúnak föltételezve - azt következtette, hogy a Sziros 27600-szor távolabb van tőlünk mint a Nap. Eljárását a

halála után megjelent Kosmotheoros című művében írta le.

Nyilván való, hogy Huyghens itt csak fotométeres észleletet tett, mert a Sirius átmérőjét nem láthatta, tehát a Napot a Sirius-szal tulajdonképpen nem egyenlő nagynak, hanem csupán egyenlő fényesnek látta. Ez volna tehát az első, persze még nagyon tökéletlen fotométeres mérés. Az e fajta mérések jelenleg már tudományosabb alappal vannak fektetve, de azért még mindig elég tökéletlenek, minek oka, mint tudva van, nem az eszközökben, hanem szemünk tökéletlenségében rejlik.

Huyghens 1689-ben harmadszor ment Angolországba, főleg azért, hogy Newton-nal, kinek Philosophia naturalis-a kevéssel az előtt jelent meg, személyesen megismerkedjék. A Newton-nal váltott eszmecsere következményei csakhamar jelentkeztek, mert a mint Huyghens 1690-ben hazájába visszatért, azonnal kiadta a *Traité de la lumière* és *Discours de la cause de la pesan-*

teur című műveit, melyekre még szintén vissza fogunk térni. 1690-ben Bernoulli Jakab a matematikusoknak feladta a láncvonal problémáját, melyet Bernoulli János, az előbbinek öccse és tanítványa, továbbá Huyghens és Leibnitz fejtettek meg. Huyghens ekkor még nem ismerte sem a Newton fluxióos módszerét, sem a Leibnitz infinitézimális kalkulusát, ő megfejtette a feladatot a régi módszerekkel, melyeket a többi eddigi feladatainál is használt; azonban a másik két matematikus megfejtéseiből azonnal belátta az új módszerek előnyeit, s tanulmányozásukhoz buzgón hozzálátott. De ezen a téren már nem hozhatott létre fontosabb eredményeket, mert életének már nem sokáig örvendhetett, s épen csak addig élt, hogy utolsó művét, a már említett Kosmotheoros-t még befejezhette.

Huyghens-nek ez a munkája tartalmilag nagyon eltér a többiektől, míg a többi műveiben észleleteinek és számításainak pozitív eredményeit közli, vagy találmányait írja le, addig itt elmélkedései lánczolatát csak indukciókból és

analógiákból szövi. Azonban a tárgy, melyet fölkarol, oly vonzó, előadása pedig oly meggyőző, hogy e mű utóhatásai még napjainkra is kiterjedtek.

V. Az égitestek lakhatóságának kérdése. - A Kosmotheoros s ennek utóhatásai.

Voltak idők, melyekben az égitestek lakhatóságának kérdését fölvetni bizonyos körök részéről épen olyan bűnnek tartatott, mint a Föld mozgását hirdetni. Mindazonáltal ez a nem gyakorlatis, de sok más szempontból annál érdekesebb probléma mindenha felkölté a gondolkozó fők figyelmét, s a szellemi szabadság sötét korszakában is akadtak olyanok, kik az e feladatra vonatkozó nézeteiket a nyilvánosság színe elé merték vinni.

Ezek közé tartozik Cusa bíbornok, kiről a Kopernikus életrajzában már megemlékeztünk. Cusa nemcsak az égitestek mozgására nézve, hanem a szóban forgó feladatra nézve moderneknek nevezhető nézeteket vallott. A De docta

ignorantia című művében a többi között ezeket mondja: "- a világ gépezete tehát olyan, mintha a középpontja mindenütt, de a kerülete sehol sem volna, mert a középpont és a kerület nem egyéb, mint az isten, ki mindenütt jelen van és sehol sincsen... De ha az isten a középpont, a csillagok minden régióinak lakhatóknak kell lenniök, hogy az egek és csillagok üresen ne maradjanak.... Ezek különböző természetű és képességű emberfajok.... Egy szóval, az egyik csillag lakói a többi csillagéihoz képest aránytalanok, ha őket ennek a világnak lakóihoz viszonyítjuk."

Cusa bíbornok volt, s mégis mily nagy zajt ütöttek a papok s a peripatétikusok, midőn Galilei a Hold hegyeinek és völgyeinek szemlélete által indítatva, azt a nézetét koczkáztatta, hogy talán a Holdon és a Jupiteren is laknak emberek.

A merész fantáziájú Kepler világnézetében kiváló szerepet játszott az a gondolat, hogy a Földnek a többi bolygóhoz képest semmi kiváltságos helyzete nincs.



Huyghens Kosmotheoros-ában a bolygók lakhatóságának kérdésével tüzetesen foglalkozik. Művének első könyvében tagadja, hogy a Földnek valami kiváltságos helyzete volna, s azt mondja, hogy valamint az, a ki nagy utazás után tér vissza hazájába, rendesen helyesebben ítéli meg szülőföldjét, mint az, ki tűzhelyét sohasem hagyta el: hasonlóképen az, a ki a Földünkhöz hasonló égitestek többsége fölött elmélkedik, nem fogja valami különös dolognak tartani mindazt, a mi a Földön történik. "Kénytelen vagyok azt hinni, mondja Huyghens, hogy a bolygókon is vannak okos állatok, mert különben Földünknek nagyon kiváltságos helyzete volna; ha csak Földünk rendelkeznék olyan állattal, mely a többi állat fölött oly magasan áll ..., a többi bolygóhoz képest nagyon magas rangja volna. Egy szóval, észszerű volna-e azt gondolni, hogy az égitestek, melyek között a Földnek oly kicsinyes rangja van, csakis azért volnának teremtvé, hogy mi csekély emberek a fényükben gyönyörköd-

hessünk s helyzeteiket és mozgásaikat szemlélhessük?"

Ezután leírja a Holdnak hegyeit és völgyeit, de nem észlelt semmi olyast, miből azt következtethetné, hogy a Holdon a mieinkhez hasonló tengerek volnának, s hozzá teszi, hogy a Holdnak nincs légköre, vagy ha van is, az a mi légkörünkhöz hasonló nem lehet.

A második könyvben az egyes bolygókkal tüzetesen foglalkozik, s leírja az eget, a minőnek az a különféle bolygókról látszik. Huyghens szerint a Nap a Merkurról nézve háromszor akkorának látszik, mint a Földről nézve; tehát a Merkuron a hő és fény kilenczszer erősebb, mint nálunk. A Vénus lakói a Napot már sokkal kisebbnek látják, s a Vénuson a fény és hő már csak kétszer olyan erős, mint a Földön, és így tovább. Végre leírja azokat a szép égi tűneményeket, melyeknek a Jupiter és Saturnus lakói minden éjjel szemtanúi lehetnek, s megjegyzi, hogy a leg-

szébb tüneményt a Hold lakói élvezhetik, kik ugyanis a megvilágított földkorongban gyönyörködhetnek.

Eme részletek fölemlítéseért szolgáljon mentességünkre az a már említett körülmény, hogy Huyghens-nek eme fejtegetései az idők folyamában nagyon népszerűkké váltak. Fontenelle később hasonló munkát írt, s a hozzá való anyagot tisztán Huyghens művéből merítette. Azonban Fontenelle munkája jobban elterjedt, mint a Huyghens-é, mert Fontenelle elegáns francia nyelven adta elő azt, a mit Huyghens a holt latin nyelven s inkább a matematikai tudományokhoz illő stílusban fejtegetett. Az újabb időben Brewster *More than one world* és Whewel *On the plurality of Worlds*, London, 1853. című munkákat adtak ki, összhangba hozva Fontenelle művét a modern asztrofizikai ismeretekkel. Ezt követte Flammarion *Pluralité des mondes habités* című munkája, melynek 1879-ben a 27-dik kiadása jelent meg, továbbá számos kisebb-nagyobb értekezés és népies csillagászati mun-

kákba szőtt elmélkedés. Ha az efféle iratok az asztronómiai ismeretek népszerűsítését előmozdítják, akkor ennek érdeme is első sorban Huyghens-t illeti meg.

## VI. Huyghens halála. - Jelleme.

Huyghens-t már párisi tartózkodása idejében egy roham érte, minek következtében értelmi organizmusa egyidőre felmondta a szolgálatot, de miután hazájába visszatért, teljesen fölépült. Azonban az 1695-iki roham szellemét állandóan megbénította; igaz, hogy nem hosszú időre, mert Huyghens 1695 június 8-án 66 éves korában, Hágában, megszűnt élni.

Mikor Huyghens meghalt, a Kosmotheoros még nyomtatás alatt volt. A halála előtti kevés derült pillanatot arra használta föl, hogy kézíratait rendezze s ezek kiadásával Volter és Fullen kedves tanítványait megbízza.

Művei a következő czímek alatt jelentek meg:

Opera varia, Amstelod, 1724.

Opuscula posthuma, Amstelod, 1724. 2 kötet. (I. kötet: Dioptrica; Commentarii de formandis poliendisque vitris ad Telescopia. II. kötet: De coronis et parheliis; De motu corporum; De vi centrifuga; Descriptio Automati Planetarii.)

Opera reliqua, Amstelod, 1728. 2 kötet. (I. kötet: Tractatus de lumine; Dissertatio de causa gravitationis. II. kötet: Geometrica Demonstratio Theorematum Huguenianorum, addita Epistola ad P. Th. Cevam S. I. auctore D. Guidone Grando.)

Huyghens jelleme és egyénisége teljesen megfelelt nagy szellemének. Komoly volt és szerette a magányt; s bár előkelő származása és rendkívüli tehetségei miatt a legelőkelőbb körökben mindenkor nagyon szívesen látták volna, ismerve az idő becsét, a nagy társaságokat kerülte. Szép arcának méla és elmélkedő kifejezése baráti körben csakhamar fölélénkült. A tudósok kiskörű társaságát legjobban kedvelte; fiatal tudósokkal, kik tanácsot és útbaigazítást kérendők, hozzája fordultak, mindenkor a legnagyobb szívességgel és

előzékenységgel bánt. Bár keveset forgolódott az udvari körökben, ezeknek szokásait alaposan ismerte, s minden föllépésével elárulta a komoly tudóst és a finom modorú nemes embert.

Huyghens nőtlen volt, de azért a nők társaságát még sem kerülte, sőt mondják, hogy a híres Ninon de Lenclos társaságában nagyon jól érezte magát. Mivel egyidejűleg mindig több tudományos kérdéssel foglalkozott, pihenést és szórakozást úgy szerzett magának, hogy ha az egyik tárgy kifárasztotta, másikkal kezdett foglalkozni. Leibnitz, a ki őt 27 éves korában látogatta meg először, elragadtatással beszélt a benyomásról, melyet Huyghens rája gyakorolt, s azt mondá, hogy a mióta Huyghens-szel beszélt, egészen más embernek érezte magát, s új világ tárult föl előtte.

Huyghens életrajzában tüzetesebben csak az optikai-asztronómiai vizsgálatairól emlékeztünk meg; a fizika körül szerzett legnagyobb érdemeit

csak futólagosan említettük, hogy tevékenységének chronológiai képét áttekinthetőbbé tegyük.

Mielőtt szándékos mulasztásunkat pótolnók, megjegyezzük, hogy Huyghens Newton kortársa volt, s a fizikának ama problémái, melyeket e két fizikus művelt, egymással rokonságban voltak. Aki valamely nagy férfiúnak kortársa, avval könnyen megeshetik, hogy érdemei háttérbe szorulnak, vagy legalább a kortársak méltánylását csak kisebb mértékben vívhatja ki, mint ezt különben megérdemelné. Newton híre és tudományos tekintélye Huyghens-t korántsem szoríthatta annyira háttérbe, mint másik érdekes kortársát, Hooke-ot, mert az, a mivel Huyghens hírét megalapította, szilárd és biztos alapon állott. Mégis, a newtoni tekintély elég hatalmas volt arra, hogy Huyghens legszebb érdemeinek egyikét, a fényelméletben szerzettet, hosszú időre elhomályosítsa; pedig Newton élőszóval többször kiállította Huyghens-ről a "nagyság" bizonyítványát. Huyghens nem karolt föl annyit, mint Hooke, hanem aztán a mihez hozzáfogott, azt alaposan és tüze-

tesen fejtette ki. Egyes apróbb vizsgálatait a tudomány haladásában becsüket elvesztették ugyan, de ama nagy problémák, melyeknek szelleme összes erejét szentelte, az ő sikeres megoldásai által a fizika alapvető tanaivá váltak.

Huyghens mechanikai vizsgálatai körébe vonta az inga elméletét, s evvel kapcsolatban az ingás órák szerkesztését, a centrifugális erőt, s az ütközés elméletét. Matematikai mechanikai vizsgálatainak számos egyéb részét eme tárgyakhoz fűzte. A múlt század tudományos világa épen a Huyghens mechanikai vizsgálatainak adózott a legnagyobb elismeréssel, mert fényelméletét csak a jelen század emelte a méltán megillető fokra.

VII. A Horologium oscillatorium. - Az ingás órák. - A matematikai és fizikai inga elmélete.

Huyghens az ingás órák szerkezetét és az inga elméletét az 1673-ban megjelent Horologium oscillatorium-ban részletesen adta elő, holott a 15



évvel korábban megjelent Horologium csupán csak az ingás órák leírását tartalmazza.

Huyghens azon volt, hogy az ingát az órák járásának szabályozására használja, azaz tulajdonképeni ingás órát szerkesztszen, mert maga a szabadon lengő inga, még ha a lengések számát jelző gépezettel volna is összekapcsolva, ingás órának még nem nevezhető. Az ingás órának gépezetét vagy a rugalmasság vagy pedig a nehézségi erő hajtja; a gépezet arra szolgál, hogy először is a vele összekapcsolt ingának lengéseit megszámlálja, másodszor, hogy az ingának új meg új impulzusokat adjon, mert magának az ingának mozgása a surlódás és a levegő ellenállása miatt meglassulna s végtére egészen megszűnnék, már pedig az időmérésre csakis egyenletes mozgás szolgálhat. Az ingának viszont az a feladata van, hogy a gépezet járását, mely a rugalmasság vagy a nehézségi erő, tehát folytonos erők hatásától gyorsulóvá válnék, egyenletessé tegye.

Huyghens az órákból a régi regulátorokat kivette s ezek helyett az ingát alkalmazta. A feladat sikeres megfejtése után azon volt, hogy találmányát a lehetőleg javítsa. Az óra berendezésén tett némely czélszerű átalakítás után figyelme főképen oda irányult, hogy az inga lengéseit teljesen egyidejűekké tegye.

Már Galilei tudta, hogy az ingának csekély táglatú körlengései egyidejűek, s épen ez a törvény vezette őt ama gondolatra, hogy az ingát időmérőül használja. És mivel Huyghens, mindamellett hogy tudta, hogy a nagytáglatú lengések is egyidejűek, ha a táglatok egyenlők, mégis arra törekedett, hogy a lengéseket egyidejűekké tegye: következik, hogy az ő első óráin az inga járása nem lehetett valami nagyon egyenletes. Huyghens tehát azt kutatta, hogy minő vonalban kellene az ingának mozognia, hogy a lengések egyidejűek legyenek, akár nagy a táglat, akár pedig kicsiny. Ezt az önmaga kitűzte feladatot már 1659-ben oldotta meg s az eredményt gyakorlatilag alkalmazta is, de találmányát csak a Horolo-

gium oscillatorium-ban, tehát 13 évvel később tette közzé.

E műnek "geometriai demonstratiók" című záradékában először is azt az általános tételt mutatja ki, hogy valamely test, mely egyenlő magasságokból egyenlő szintájáig esik, ugyanarra a végsebességre tesz szert, bármilyen lett legyen a test pályája. Eme tétel levezetésénél a lejtős mozgásnak Galilei levezette törvényeiből indul ki, s megmutatja, hogy a görbe vonalon való esést úgy lehet tárgyalni, mintha az korlátlan számú egyenes vonalokon jönne létre. Mármost matematikai úton bebizonyítja, hogy az a vonal, melyen valamely testnek esnie kell, hogy annak bármely pontjából elindulva, egyenlő idők alatt érkezzék a vonal legmélyebb pontjába, nem egyéb, mint a ciklois. Ha tehát az inga ebben a vonalban lengene, akkor a lengések is, függetlenül a táglatuktól, teljesen egyidejűek lennének.

A Horologium oscillatorium-ban találjuk a lejtők mértani elméletét is, melynek segítségével

Huyghens kimutatja, hogy a ciklois lefejtése által ismét cikloist kapunk, vagyis, hogy a ciklois önmagának az evolutája. Huyghens-nek a régi módszerekkel kifejtett elmélete persze nehezebb, mint az az elmélet, mely jelenleg a felsőbb matematika segítségével tárgyalatik, de azért szerzőjének matematikai talentumáról fényesen tanúskodik. "Geométeriai dedukcióinak formai szépségét és belső világosságát későbbben aligha múlta valaki fölül. Nem csupán az evoluták elméletének jelentősége, hanem még az a módszer, melylyel a geometriát a mechanika szolgálatába szegődtette, főmunkáját a régi geometria analitikai kiinduló pontok által még nem vezérelt kizárólagos alkalmazásának utolsó bevégzett emlékeül tüntetik föl."

Huyghens a cikloisnak kinematikai tulajdonságát az imént említett geometriaival kombinálva, cikloisos ingát szerkesztett, s ezt az órákra is alkalmazta. A készüléket úgy rendezte be, hogy az inga fonalának lengés közben egy ciklois formára kivágott pléhdarab karimájára kellett fe-

küldnie, tehát a fonál mindig a ciklois érintője maradt s ennél fogva a vége a ciklois geometriai tulajdonságánál fogva ismét cikloist írt le. Huyghens a ciklois keletkezését felhasználta szerkesztésére: egy hengert, melynek kerületén irón volt, sík lapon tovagurított, s e közben az irón a henger mögött levő függélyes lapra a cikloist felrajzolta.

Huyghens-nek nevezett vizsgálatai folytán a matematikusok, kik már azelőtt is különös szeretettel foglalkoztak a cikloissal, eme vonal egyéb tulajdonságait is kutatták. Bernoulli János azt találta, hogy az az idő, mely alatt valamely test a cikloisnak egyik pontjából egy mélyebben fekvő másik pontjáig esik, a legrövidebb, azaz, ha a test az említett két pont között bármely más vonalon esett volna, az az esésre nagyobb időt vett volna igénybe.

Egy évvel Huyghens halála után Bernoulli János ezt a feladatot megfejtés végett kortársainak

kitűzte, s azt négyen fejtették meg, nevezetesen Leibnitz, Newton, Hôpital és Bernoulli Jakab.

Nem lehet célunk, hogy az említett feladat kitűzése által a matematika terén megindított élénk szellemi mozgalmat ismertessük, mert csak Huyghens-nek a matematika fejlődésére közvetve kiható érdemét akartuk föltüntetni. S valóban, a szóban forgó tárgyra nézve Huyghens-nek nagyobb volt az elméleti, mint a gyakorlati érdeme, mert az ő cikloisos ingája, nem tekintve a kivitelbeli nehézségeket, egészen fölösleges is, mert ha sikerül olyan akasz-művet szerkeszteni, mely a körlengések táglatait egyenlőkké teszi, akkor a lengési idők is egyenlők. Ilyen akasz-művet, mint már Hooke-nál említettük, Clement londoni órás talált föl. Végre még újrolag fölemlítjük, hogy Huyghens az órák szabályozására rugót is alkalmazott, de ez a különben önálló találmánya, későbbi mint a Hooke-é, ki azt titokban tartotta.

Mint már a Huyghens életrajzában említettük, az ő ingás óráját mindenütt a legnagyobb elisme-

réssel fogadták s mint a kornak legfontosabb gyakorlati találmányát dicsőítették. De éppen a találmány fontossága okozhatta, hogy tőle a feltalálás dicsőségét el akarták vitatni. Hogy Huyghens kortársai között is akadtak olyanok, kik a találmányt a maguk részére lefoglalni akarták, azt már említettük. De halála után még többen vádolták avval, hogy találmánya nem önálló, hanem hogy azt már meglevő órákból merítette. Messzire kellene mennünk, ha az órák történetét bővebben fejtegetni s a Huyghens ellen felhozott vádakat megvitatni akarnók. A legsúlyosabb vád az *Elogi degli nomini illustri di Toscana* című, Luccában, 1772-ben megjelent könyv 3-ik kötetében emeltetett. Ugyanis a szerző azt állította, hogy Galilei több olyan levelének van birtokában, melyekből kitűnik, hogy Galilei az ingának órákra való alkalmazását valóban feltalálta; továbbá, hogy Diodati a Galilei feltalálta órának leírását Huyghens atyjának megküldötte. Azonban van Swinden amsterdami tanár 1822-ben a fentebbi vádat Huyghens hátrahagyott kéziratai és

levelei alapján pontról-pontra megczáfolta. Mások a Huyghens ellen felhozott vádat arra alapították, hogy olyan ingás órákra akadtak, melyeknek készítési évszáma Huyghens előtti korra vezet vissza. De említettük, hogy a mint Huyghens találmánya ismeretessé vált, az órákból a régi regulátorokat kiszedték s ingákkal pótolták, a vád tehát tévedésen alapszik, mert az illetők az órákon a régi évszámokat meghagyták.

Az ingás órák találmányának fontossága némely biografust arra késztetett, hogy ama találmányt Huyghens legfőbb érdemének számítsa be s a Horologium oscillatorium-mal egyébként ne is törődjék. Ha azonban a dolgot tudományos szempontból tekintjük, akkor azt tapasztaljuk, hogy nevezett mű a mechanikai elméleteknek valóságos kincses bányája, s a fizika fejlődését oly erélyesen mozdította elő, mint kevés hasonló tárgyú mű.

Huyghens-nek eddig vázolt vizsgálatai, melyeket épen úgy mint a többieket, gyakorlati alkal-



mazás szempontjából hajtott végre, a matematikai, vagy a mint Huyghens műszóval kifejezte, az egyszerű ingára vonatkoztak.

Már Galilei állította föl azt a tételt, hogy az egyszerű ingák lengésidei arányosak a hosszúságuk négyzetgyökével. Nyilván való, hogy a valóságos, vagy a mint Huyghens nevezte, az összetett inga nem lenghet úgy, mint az egyszerű, mert számtalan anyagi pontból lévén összetéve, mindegyik ponthoz más és más hosszúság tartozik, már pedig Galilei tétele szerint a rövidebb egyszerű ingáknak kisebb, a hosszabbaknak pedig nagyobb lengésidők felelnek meg. S mégis, a szilárdan összekapcsolt számtalan anyagi pontból álló ingának csak egyféle lengésideje lehet. Mit kelljen már most az összetett inga hosszúsága alatt érteni? miképen fog az ilyen inga lengeni? Ezek voltak a kérdések, melyekre Huyghens megfelelni akart, s tegyük mindjárt hozzá, hogy egészen helyesen meg is felelt.

A feladatnak vannak történelmi előzményei, mert avval már Mersenne is foglalkozott vagy azt legalább is szóba hozta, de Huyghens előtt tulajdonképpen csak Descartes próbálkozott meg vele. Descartes azon volt, hogy a saját síkjukban lengő különböző sík alakok lengésidejét határozza meg, s az összetett ingának azt a pontját, melyet jelenleg lengéspontnak nevezünk, a súlyponttal analog pontnak képzelte. Azt a statikai viszonyt, melyben ez a pont az inga többi pontjaival áll, helyesen fogta ugyan föl, de a feladat megfejtése neki ép oly kevésbé sikerült, mint utána Roberval-nak, kivel eme tárgy fölött vitába keveredett.

Huyghens már 17 éves korában megismerkedett a feladattal, melynek megfejtése erejét akkor még túlhaladta; de később a tárgyat újra felkarolván, kitartó szorgalommal sikerült a kellő eredményt elérnie. Huyghens elméletét két föltevésre alapítja. Az első azt fejezi ki, hogy (ha tetszés szerinti súlyok nehézségüknél fogva mozogni kezdenek, közös súlypontjuk nem emelkedhetik

magasabbra, mint a milyen magasan a mozgás kezdetén volt.). Ezt a tételt, mint magától érteni valót állítja föl. A második föltevés szerint pedig az összetett inga oly magasra emelkedik, mint a mennyire az előtt leesett. Mivel itt a test esésében szilárd tengely által korlátoztatik, azt a föltevést nem az elsőből vezeti le, hanem tapasztalati törvénynek tünteti föl.

E két föltevéssel először is megmutatja, hogy minden testben, mely vízszintes tengely körül leng, van egy pont, mely épen úgy leng, mintha magánosan, azaz a rendszerből kivettnek képzelve lengene, tehát e pontban a test egész tömegét koncentrálnak, a nélkül, hogy lengésideje az összetett ingától különböznék. Ezt a pontot lengésközéppont-nak (*centrum oscillationis*) nevezi. Nem maradt egyéb hátra, mint hogy eme pontnak a forgástengelytől való távolságát meghatározza; s a föladatnak ezt a második részét is, igaz, hogy kissé körülményesen, szintén sikerült megfejtene. Számításainak eredménye az, hogy a lengésközéppontnak a forgástengelytől való távolságát,

vagy a mint jelenleg mondjuk, a fizikai inga redukált hosszúságát megkapjuk, ha az egyes tömegrészekből és sebességeik négyzetéből alkotott szorozmányok összegét az egész tömegből és súlypontjának a tengelytől való távolságából alkotott szorozmánnyal elosztjuk.

Huyghens általános megfejtése helyes volt ugyan, de nem volt könnyen áttekinthető, minél fogva sok ideig tartott, míg a matematikusok magukat kellőképpen tájékozni tudták. Ama föltevések, melyekből Huyghens kiindult, mindamellett hogy helyesek és általános érvényűek valának, a megfejtést kissé homályossá tették, minél fogva nem kell csodálkoznunk azon, hogy azok, a kiknek nem volt elegendő matematikai tájékozottságuk, hogy Huyghens dolgozatát teljesen átérthessék, az eredményt hibásnak tekintették. Sőt Catelan abbé annyira ment, hogy magukat az alapföltevéseket is téveseknek nevezte, s szerinte Huyghens elmélete nem volt egyéb, mint a helytelen föltevések szülte tévedések egész láncolata. S mindamellett, hogy Bernoulli Jakab és Hôp-

ital is a vitába keveredtek s Huyghens pártját fogták, Catelan, a nélkül, hogy a föladat matematikai nehézségeit átérteni képes lett volna, elég bátor volt arra, hogy új elméletet állítson föl. Ez az elmélet pedig egészen hibás két föltevésen alapúlt, s egyik következménye az volt, hogy valamely leeső test nagyobb magasságra emelkedik föl, mint a melyen át leasett.

Huyghens elmélete segítségével képes volt a másodperczinga hosszúságát meghatározni. Az eczélra használt összetett ingája fonálra fölfüggesztett ólomgolyó volt. Miután ennek az ingának a lengési idejét egy ingás óra segítségével meghatározta, kiszámította, hogy milyen hosszú az az egyszerű inga, melynek lengései amaz összetettével egyidejűek s végre ebből a hosszúságból a Galilei törvényével kiszámította a másodperczinga hosszúságát s ezt 440.5 párizsi vonalnak találta. Mivel pedig átlátta, hogy a másodperczinga hosszúsága állandó, ezt mértékegységül ajánlotta. Igaz, hogy midőn ezt az ajánlatot tette, még nem tudta, hogy a nehézségi erő s ev-

vel együtt a másodperc-inga hosszúsága a geográfiai szélességgel változik, de azért ajánlata mégis több figyelmet érdemelt volna, mint a mennyit valóban kivívott. Huyghens eszméje csak a nagy forradalom idejében, midőn a természet nyújtotta változatlan mértékegység fölvétele jött szóba, elevenítettett föl.

Huyghens továbbá kimutatta, hogy abban az esetben, ha az összetett inga a lengésközéppontban függesztetnék föl, az előbbeni fölfüggesztéspontja lengésközépponttá válnék. Eme tétel segítségével a mperc-inga hosszúsága könnyen és pontosan meghatározható, de efféle alkalmazásra Huyghens még nem gondolt. Csak a jelen században Bohnenberger csillagásznak terjedt ki a figyelme (1811) erre, de Kater angol kapitány volt az első, a ki az említett tételt az általa szerkesztett fordítós ingára gyakorlatilag alkalmazta.

Itt kell még fölemlítenünk, hogy Huyghens az inga segítségével meghatározta a nehézségi gyorsulást. Az egyidejű lengésekre vonatkozó vizsgálá-

latai alkalmával azt találta, hogy az az idő, mely nagyon rövid ívben való lengésre megkívántatik, úgy viszonylik ahhoz az időhöz, mely alatt valamely test ugyanazon ingának kétszeres hosszúságán át szabadon esnék, mint a kör kerülete átmérőjéhez. A másodperc-inga hosszúságát pedig már ismervén, eme tétel segítségével a gyorsulást könnyen meghatározhatta.

Látjuk, hogy Huyghens-nek az ingára vonatkozó vizsgálatai mennyi új ténnyel gazdagították a fizikát! Lássuk már most ama vizsgálatait, melyekhez az ingára vonatkozók által vezéreltetett.

VIII. A centrifugális erő. -- A földgömb alakja.

Valamely test külső lökés folytán tétlensége miatt egyenes vonalban és egyenletesen mozog. Ha azonban valami módon arra kényszerítjük, hogy körben mozogjon (a legegyszerűbben az által, hogy az egyik végén megerősített fonálhoz kötjük), akkor irányától eltérítetik; ezt az eltérést pedig csak valamely erő hozhatja létre. Mivel pe-

dig az eltérítés folytonos, emez erőnek is folytonosnak kell lennie; továbbá, mivel a test a középponttól távozni törekszik, a mondott erő ellenében evvel egyenlő, de ellenkező irányú reakciót fejt ki. Huyghens föladata az volt, hogy amaz erőt vagy a vele egyenlő reakciót meghatározza.

Huyghens a kapott eredményeket a Horologium oscillatorium záradékában tette közzé, de a bebizonyításokat egy későbbi műre halasztotta, minélfogva azok csak a halála után megjelent műveiben tétettek közzé.

Huyghens itt először fejtett meg egy olyan föladatot, melynél a működő erő tényleg nem létesít mozgást, mert a centrífugális erő csupán csak irányváltoztató erő, s mint ilyen megakadályozza a testnek a középponttól való távozását, azaz bizonyos mozgás létrejöttét. Ha a centrífugális erő megszűnnék, akkor a test az érintő irányában továbbmozogna, tehát korlátlanul kicsiny idő alatt a körtől kevésbé eltávoznék, s mivel éppen ezek az



eltávozások akadályoztatnak meg, Huyghens ezekből, mint az erő hatásaiból, az erő nagyságára következtetett. Matematikai úton fölkereste amaz eltávozások, a testnek egyenletesnek fölvett sebessége és a kör sugara közötti összefüggést. Számításaiból kitűnt, hogy a szóban forgó erő egyenes viszonyban van a test sebességének négyzetével s fordított viszonyban van a kör sugarával.

A centrifugális erőre vonatkozó eredmények is több fontos vizsgálatot tettek lehetővé. Huyghens kifejtette a kúpos inga elméletét, azaz azon ingáét, melynek lengései nem mennek ugyanabban a síkban végbe. Ezt az ingát gyakorlatilag nem alkalmazta s csak James Watt használta föl a gőzgépeknél regulátor gyanánt. Újabb időkben használják olyan óraműveknél, melyek járásának egészen egyenletesnek kell lennie, mert a sík lengésű ingának időszakos visszatérései folytán a gépezet folyvást új meg új lökéseket kap.

A második eredmény, melyet Huyghens a centrifugális erőre vonatkozó vizsgálataival ért, a Föld valódi alakjának meghatározása volt.

Huyghens idejéig a Föld alakját az ókori felfogás szerint tökéletes gömbnek tekintették; a régi fokmérések, melyeket Snell-nél említettünk, mindannyian ebből a föltevésből indultak ki.

A XVII-ik század folyamában négy fokmérés hajtatott végre. Az első a Norwood-é, ki 1633-tól 1635-ig London és York között mért, de az eredményt maga is nagyon hibásnak mondotta. A második fokmérés a már Galilei-nél említett Blauew-é volt; a harmadikat, a Grimaldi és Riccioli-ét, Grimaldi-nál említettük. A negyedik mérést, melyre a Snell és Riccioli eredményei közötti jelentékeny eltérés szolgált indító okul, XIV. Lajos rendeletére Picard hajtotta végre (1669 és 1670-ben Amiens és Malvoisine között). Azonban eme mérések mind nagyon hibásak voltak, sőt a Blauew-éről még az is kérdéses, hogy egyáltalában végrehajtatott-e. A Picard mérései sok tekintetben

fontosak; ő szintén a Snell módszerét, a triangulációt alkalmazta; az ő szögmérő műszerei már fonálkeresztes messzelátókkal voltak ellátva, minélfogva az eredmény is pontosabb volt a megelőzőknél. Picard szerint  $1^\circ = 57060$  toise. Ugyancsak Picard volt az, ki *Mesure de la terre*, Paris, 1671 című művében először adott kifejezést ama nézetnek, hogy a Föld forgása miatt a testeknek az egyenlítőnél lassabban kell esniök, mint a sarkok közelében, ennélfogva a Föld különböző pontjain a másodperc-íngák sem lehetnek egyenlő hosszúak, de mivel efféle különbségeket sem ő, sem pedig az ugyan evvel a tárggyal foglalkozó Römer nem észlelt, az egész dologgal többé nem törődött.

A másodperc-ínga hosszúságának változásait Jean Richer észlelte először. Richer (megh. 1696. Párisban) a párisi akadémia megbízásából 1671-ben Cayennebe utazott, hogy ott a Nap és a Hold parallaxisára vonatkozó észleleteket tegyen; 1673-ban visszatért Párisba. Richer azt tapasztalta, hogy az az íngás óra, melyet Párisból magával

vitt, Cayenneben naponként 2 percczel késett, minélfogva az ingáját, hogy az óra jól járjon 5/4 vonallal meg kellett kurtítania. Párisba visszatérve, ugyanaz az az óra két percczel sietett, tehát az ingát ismét 5/4 vonallal meg kellett hosszabbítania.

Az akadémikusok ezen csodálkoztak s eleintén azt hitték, hogy Richer tévedett, de midőn később mások is, kik Afrika partjain jártak, hasonló észleleteket tettek, jobb magyarázat hiányában azt mondták, hogy az órák késedelmének oka nem egyéb, mint a hő okozta kiterjedés, melyet az ingák a forró égöv alatt szenvedtek.

Huyghens átlátta, hogy az ingák hő okozta kiterjedése oly nagy különbséget semmi esetre sem hozhat létre. A mit Picard csak gyanított, azt Huyghens a Discours de la cause de la pesanteur című művében határozottan kifejezte. Az itt kifejezett eszméssel már párisi tartózkodása idejében foglalkozott s művének első, bevezető részét Párisban dolgozta ki, de a második rész, melyben

elméletét kifejté, csak angolországi harmadik útja után készült el. Művét 1690-ben Leydenben nyomatta ki.

Már említettük, hogy Huyghens angolországi harmadik útazása alkalmával Newton-nal értekezett, tehát Newton-nak a Föld alakjára vonatkozó nézetei előtte ismeretlenek nem lehettek. Newton a dolgot általánosabb és helyesebb szempontból fogta föl, mint Huyghens, mivel ez utóbbi csak a Föld középpontját tekinté a nehézség székhelyéül, holott Newton a Föld mindegyik részét súlyosnak képzelte; továbbá meg kell jegyeznünk, hogy a híres *Philosophia naturalis* már 1687-ben tehát három évvel a Huyghens *Discours*-ja előtt jelent meg, tehát Huyghens a publikációval elkésztett és ha a prioritásra minden áron súlyt akarunk fektetni, akkor tulajdonképpen érdeme csak indirekt volna, a mennyiben a Föld alakjának a gömbtől való eltérését az általa föltalált ingás órák segítségével lehetett fölismerni.

Huyghens önálló elmélkedés útján arra az eredményre jutott, hogy a nehézségi erőnek az egyenlítő felé fogyatkoznia kell, mert az egyenlítőhöz közelebb eső pontok nagyobb köröket írván le, sebességük, tehát centrifugális erejük is nagyobb; de a centrifugális erő hatása még azért is növekszik az egyenlítő felé, mert ezt az erőt függélyes és érintős alkotóra bonthatjuk, s az első, a nehézség ellen működő alkotó annál nagyobb, mennél közelebb fekszik az illető pont az egyenlítőhöz, míg végre az egyenlítőnél az összes centrifugális erő kisebbíti a nehézségi erőt.

Evvel az elmélkedéssel a másodperczinga hosszúságának változásai már meg lettek volna magyarázva, de Huyghens még tovább ment s a centrifugális erő hatásaiból a Föld alakjára következtetett. Szerinte emez erőnek érintős alkotója, mely ellen a nehézségi erő nem működik, a tengerek vizét az érintő felé nyomja, tehát az egyenlítőnél legalább is a tengereknek föl kell duzzadniok, mivel pedig a szárazföld emelkedései a Föld méreteihez képest elenyészők, a szá-

razföld felszínének és a tengerének ugyanaz az alakja van, tehát az egész Föld az egyenlítő felé kidomborodik. A Föld alakját pontosan meghatározandó, Huyghens kiszámította a centrifugális erő nagyságát az egyenlítőre nézve, s ez erőből pedig a Föld tengelyének az egyenlítő sugarához való viszonyára következtetett. Ámbár Huyghens számítása s még inkább a Földnek általa levezetett alakja a valóságnak nem felel meg, mégis az övé az érdem, hogy eme meghatározásokra ő tette meg az első lépést.

IX. Az ütközés. - Az eleven erő megmaradásának elve.

Huyghens-nek mechanikai dolgozatai, melyekről eddig szóltunk, változatosságuk és alaki különféleségük dacára az inga elmélete körül csoportosíthatók, vagy avval kapcsolatba hozhatók. Most még mechanikai vizsgálatainak másik csoportjáról, az ütközés elméletéről kell megemlékeznünk.

Itt ugyan meg kell osztania a föltalálás dicsőségét két jeles kortársával, Wallis és Wren-nel; de ez a körülmény érdemeiből mitsem vonhat le, annál kevésbbé, mivel ő az ütközés problémáját igen fontos elméleti fejtegetésekkel tudta kapcsolatba hozni.

Galilei volt az első, a ki az ütközés elméletével foglalkozott. Mindamellett, hogy az ütközés törvényeit nem vezette le, mégis egypár helyes és elvileg jelentős észrevételt tett. Szerinte az ütközés erélye a sebességek különbségétől s az ütköző testek súlyától függ; az ütközés erélye tehát a legnagyobb, ha két test ellenkező irányú egyenlő sebességekkel találkozik. Az ütközés eredményét statikai szempontból, t. i. mint a testeknek egymásra gyakorolt nyomását fogta föl; a rugalmas testeknél fellépő dinamikai eredményt vagy épen az erőknek molekulaközi erőkké való átalakulását figyelembe nem vette. Rugalmatlan testeknél az ütközés eredménye nyugvás is lehet, s mivel ekkor az ütközés megtörténte után a nyomások is megszűnnek, Galilei az erők hatásaiban tovább



eligazodni nem bírt, s fejtegetéseiben megállapodott, a nélkül, hogy a törvényeket levezette volna. Az ütközés erélyére vonatkozó nézetei általában véve hatástalanok maradtak, közülök csak egyet méltattak kiváló figyelemre, tudniillik azt, mely szerint az ütközés ereje a nyugvó súly erejéhez (peso morto) képest végtelen nagy, mert az utóbbinak nincs semmi sebessége. Evvel megfelelt volna amaz antik kérdésre, hogy valamely ékre gyakorolt kicsiny ütésnek miért van sokkal nagyobb hatása, mint az ék egyszerű megterhelésének.

Descartes volt az első, a ki ütközési törvényeket levezetett, hogy azonban mily helytelenek voltak eredményei, azt az illető helyen már föl említettük. Azonban Descartes eljárása az elmélet fejlődése szempontjából mégis fontos. Ő azt a helyes elvet állította föl, hogy a mozgásmennyiségek összege állandó, de mivel még eleget akart tenni egy egészen hamis mechanikai alaptörvénynek, a helyes elvet helytelenül alkalmazta. Az ütközésnél a mozgások irányát kellő figye-

lemre nem méltatta; szerinte valamely visszavert testnek már előre is avval a képességgel kellett volna birnia, hogy irányát megváltoztathassa a nélkül, hogy ehhez az irányváltoztatáshoz az erők és irányok kombinációja szükségeltetnék. Rugalmas és rugalmatlan testek között különbséget nem tett, s csupán a szilárd és a cseppfolyós halmazállapot közötti különbségre gondolt.

Borelli-nek az ütközésre vonatkozó művében előterjesztett vizsgálatai sem a tárgyalás újságában, sem pedig az eredményekben az ütközés elméletén mit sem lendítettek. Így állottak a dolgok, midőn a Royal Society 1668-ban tagjait fölszólítá, hogy az ütközés elméletével foglalkoznának. A fölszólításnak volt eredménye, mert a problémát egyszerre három tudós oldotta meg, nevezetesen Wallis, Wren és Huyghens. Az első csak a rugalmatlan, a két utóbbi pedig csak a rugalmas testek ütközését tárgyalta.

John Wallis (1616-1703) az oxfordi egyetemen a matematika professzora volt és számos

mathematikai értekezést és művet írt; ezek közül némelyek nagy hírre vergődtek. E mellett a theológiával és filozófiával is foglalkozott. A ki a felsőbb matematika tanfolyamát hallgatta, emlékezni fog arra a képletére, mely a Ludolph-féle számot fejezi ki.

Christopher Wren (1632-1723) szintén a matematika tanára volt, még pedig eleintén a londoni Gresham-college-n, később pedig az oxfordi egyetemen. Wren is igen sok értekezést írt, azonban mint műépítő még híresebb volt; 1668 és 1718 között mintegy 60 templomot és más nyilvános épületet épített; ezek között bizonyára a legnevezetesebb a londoni Szt. Pál-templom, melyet a saját tervei szerint 35 év lefolyása alatt épített.

Wallis és Wren dolgozataikat 1668-ban, Huyghens pedig 1669-ben adta be a Royal Society titkárának, Oldenbourg-nak, a ki, midőn a munkálatokat nyilvánosságra hozta, nem is késett, hogy kijelentse, miszerint azok egymástól teljesen füg-

getlenek. Wallis csakis a rugalmatlan testek ütközését tárgyalta, s az ütközést középpontinak föltételezve, a föladatot teljesen megfejtette. De épen azért, mert a rugalmas testekre figyelme nem terjedt ki, tulajdonképen csak Wren-t tekint-hetjük Huyghens konkurrensének. Huyghens, épen úgy mint Wren, munkáját bizonyítások nélkül adta be, s az elméletet részletesen csak később dolgozta ki, de az a többi hátrahagyott irataival együtt csak halála után jelent meg. (De motu corporum percussione cím alatt.)

Mind a Wren, mind pedig a Huyghens munkája, különösen pedig az utóbbié, csín és rövidség által tűnik ki. Az ütközést középpontinak föltételezve, mind a ketten meghatározták a testek ütközés utáni sebességét, mi által a föladat teljesen meg volt fejtve. Az eredményeket ezután többen kísérletileg is igazolták; Mariotte ütköző gépét már említettük. Wren maga is, mielőtt eredményeit közzé tette volna, helyességökről ingákkal végrehajtott kísérletek által győződött meg.

Huyghens-nek eme tárgyra vonatkozó műve elméleti szempontból még fontosabb; mert abban fejtette ki, bár nem a legáltalánosabb alakban, az elméleti mechanikának egyik általános elvét, az eleven erők megmaradásának elvét, sőt mondhatjuk, hogy megvetette alapját az egész fizika legáltalánosabb elvének, t. i. az erő megmaradása elvének.

Említettük, hogy Huyghens a lengésközéppont elméletét arra a föltevésre alapította, hogy "ha tetszőleges súlyok nehézségöknél fogva mozogni kezdenek, közös súlypontjuk nem emelkedhetik föl magasabbra, mint a milyen magasan a mozgás kezdetén volt". Ezt az elvet az ingára alkalmazva, annak lehetőségét, hogy az inga magasabbra emelkedjék föl, mint a mekkora magasságon át esett, kizárta; mert különben a nagyobb magasságra való fölemelésére megkívántató erőnek semmiből kellett volna létrejönnie. Az ütközést tárgyaló művének 11-dik propozíciójában pedig már matematikailag kifejezi, hogy a tömegeknek a sebességeik négyzetével való szor-

zata az ütközés előtt akkora, mint az ütközés után. Ez pedig az eleven erők megmaradását fejezi ki.

Huyghens-nek elve, melyet valószínűleg Galilei nézeteiből merített, nem egyéb, mint kibővítése Galilei ama tételének, hogy egy szabadon eső golyónak vagy az inga golyójának a legmélyebb pontban elért sebessége akkora indítást (impeto) képvisel, mely a golyót ugyanarra a magasságra képes fölemelni. Nyilván való, hogy Galilei a kifejezett tételt csak kísérleti eredményeiből vezette le, holott Huyghens az ő tételét mint elvet előre fölállította s nem csak az ingára, hanem még egy másik dinamikai föladatra, az ütközésre is fölhasználta. Hogy Huyghens tételének elvi jelentőségét teljesen átértette, az már abból is következik, hogy ő azt állította, miszerint a szilárd és cseppfolyós testekre egyaránt érvényes és az örök mozgás lehetőségét általánosan kizárja.

Egyébiránt megjegyzendő, hogy Huyghens az "eleven erő" kifejezését nem ismerte. Ez a kifeje-

zés Leibnitz-től ered, ki támaszkodva Galilei-nek ama nézetére, mely szerint az ütközés ereje a nyugvó súlyéhoz képest végtelen nagy, az erőnek a tömeg és a sebesség négyzete által kifejezett dinamikai működését a "holt erő" vagyis a nyomástól és húzástól, tehát az erő statikai működésétől megkülönböztetni akarta. A két kifejezés közül az egyik, a "holt erő", ominózus volt, mert a mechanikából csakugyan kihalt; holott a másik, persze, hogy nem a Leibnitz-féle metafizikai, hanem reális értelemben még jelenleg is divatozik.

Huyghens-nek eddigelé vázolt tevékenységéből két dolog magaslik ki: az ingák és az ütközés elmélete. Láttuk, hogy ez a két elmélet minő eszmelánczolatot szült, s hogy eme lánczolat egyes tagjai önmagukban véve is mily jelentősek. Azok az eredmények, melyeket a mechanika terén elért, bizonyára elegendők volnának, hogy nevének mind az elméleti, mind pedig a kísérleti fizikában minden időkre díszes helyet jelöljenek ki.

Azonban föladatunkat még korántsem végeztük el, a legszebb része még hátra van. Szólalnunk kell még Huyghens fényelméletéről, lángezésének emez egyik legjelesebb termékéről, melynek emlékét *Traité de la lumière* című, 1690-ben, Leydenben megjelent művében bírjuk. Ez a csekély terjedelmű könyv (mely latinra fordítva hátrahagyott iratai között jelent meg) avatja föl őt megalapítójává annak a fényelméletnek, mely hosszú mellőzés után az újkor első rangú fizikusainak kezei között a fizika egyik legszebb elméletévé fejlődött.

X. A hullámelméletet elősegítő újabb kísérleti tények. - Huyghens elmélete. - A polározódás.

Huyghens elmélete két nevezetes fölfedezésre támaszkodik s ezekkel szoros kapcsolatban van. Az egyik a kettős törés, a másik pedig a fény-terjedés sebességének fölfedezése. Huyghens említett munkája e két kísérleti tény méltatásával kezdődik.



A kettős törést a dán Erasmus Bartholinus fedezte föl. Erasmus 1625-ben Roeskildeben született; a kopenhágai egyetemen a matematika és az orvosi tudományok tanára volt, s mint ilyen 1698-ban halt meg. Nevét az *Experimenta crystalli Islandici disdiaclastica*, Amstelodami, 1670. című művében örökítette meg. Ebben írta le a mészpáton tett híres fölfedezését, a kettős törést. Ő azt az addig ismeretlen ásványt Izland szigetéről érkező dán kereskedőtől kapta. Erasmus azonnal észrevette, hogy a tárgyak a mészpátromboéderen át duplán látszanak, miből azt következtette, hogy a mészpát a fényt kettősen törí. Ezt a feltűnő tüneményt közelebbről megvizsgálván, arra az eredményre jutott, hogy az egyik sugár követi a Snell törési törvényét, ellenben a másik, melyet mozgó sugár-nak nevezett, attól eltér. Azonban ez utóbbi sugár törésének törvényét megállapítani nem tudta; a polározódás is ismeretlen volt előtte.

A másik nem kevésbé fontos fölfedezést Römer tette. Azonban meg kell jegyeznünk,

hogy a fénysebesség mérésének eszméjében az elsőbbség Galilei-t illeti, a ki nemcsak belátta, hogy a fénynek tovaterjedésére bizonyos időre van szüksége, hanem a sebesség mérésére még a következő módszert is ajánlotta: Két észlelő egymástól nagyobb távolságban rekeszszel elzárható lámpákat állít föl; először mind a ketten a rekeszszel a lámpájukat elsötétítik, ezután az első észlelő a rekeszt hirtelen félre húzza, s ugyanezt teszi a második észlelő is abban a pillanatban, melyben az első észlelő lámpájának fényét észrevette. Az első észlelőnek most csak azt az időt kell megmérnie, mely a lámpája rekeszének félretolása és a második észlelő lámpájának megpillantása között eltelik; ez lesz az az idő, mely alatt a fény a két észlelő közötti távolságot kétszer átfutotta.

Az *acc. del cemento* tagjai a Galilei ajánlotta kísérletet valóban végrehajtották. Könnyű belátni, hogy evvel az elvben egészen helyes, de a kivitelben annál impraktikusabb módszerrel semmi tényleges eredményt el nem értek. A kísérletnek

csak az a haszna volt, hogy az akadémikusok meggyőződtek, hogy a fény sebessége rendkívül nagy, vagy legalább is sokkal nagyobb, semhogy azt ilyen primitív módszerekkel meghatározni lehetne.

A fény sebességének első, még pedig asztrolómiai meghatározását Römer-nek köszönhetjük. A szintén dán Olaf Römer (1614-1710), Erasmus tanítványa, a párisi akadémiának tevékeny tagja, utóbb pedig a kopenhágai csillagvizsgáló igazgatója volt. 1705-ben Kopenhága városa polgármesterévé megválasztatván, a tudományokkal többé nem foglalkozott.

Römer és Domenico Cassini azt tapasztalták, hogy az első Jupiter-holdnak fogyatkozásai nem következnek be egyenlő periodusokban, hanem hogy e periodusok kisebbednek, ha a Föld a Jupiterhez közeledik, és nagyobbodnak, ha a Föld a Jupitertől távozik. Ebből azt következtették, hogy a fénynek, míg a Jupitertől a Földig eljut, bizonyos időre van szüksége; nagyobb időre, ha

a két égitest egymástól távolabb van, és kisebbre, ha egymáshoz közelebb van. De mivel a többi Jupiter-holdnál a fogyatkozások periodusaiban efféle változásokat nem észleltek, Cassini e tüne-  
ményt és a belőle vonható következményeket to-  
vább nem fürkészte.

Azonban Römer az észleleteket folytatta s mindinkább megszilárdult benne az a gondolat, hogy a fény sebessége a Föld sebességéhez ké-  
pest nem végtelen nagy, és hogy a tett észleletek-  
ből ama sebesség meghatározható volna. 1676  
nov. 9-én azt vette észre, hogy a fogyatkozás 10  
másodperczzel később állott be, mint ugyancsak  
1676 augusztus havában, s ez a föltűnő eltérés  
arra készítette őt, hogy hozzá fogjon a számítá-  
sokhoz, melyeknek eredménye az volt, hogy a  
fény sebessége másodpercenként 42000 mér-  
föld.

Römer nézetei és számításai a párisi akadémi-  
kusoknak nem igen tetszettek, sőt még Cassini is  
kedvezőtlenül nyilatkozott róluk. Némelyek tu-

dományos ellenvetéseket tettek, a cartéziánus többségnek pedig azért nem tetszettek, mert Descartes fényelméletével ellenkeztek.

A két fölfedezés, melyekről az imént szótunk, Huyghens optikájában fontos tényezőkként szerepelnek. Míg Erasmus fölfedezése a Huyghens vizsgálatait külső terjedelemben bővítette, illetőleg alkalmat adott arra, hogy Huyghens elméletét hathatós próbakőre tehesse, addig a Römer fölfedezése vizsgálatainak egyik elvi kiinduló pontja volt, mert a fény szukczzessziv és nem pillanatnyi terjedésének föltétele egyik sarkpontja a Huyghens elméletének.

Mielőtt Huyghens elméletére térnénk, még előfutóira akarunk emlékeztetni. A Huyghens idejéig számbavehető tudósoknak, nevezetesen Grimaldi és Hooke-nak nézeteit már fejtegettük. Descartes-nak, ha a sugártörés törvényének föltalálását tőle elvitatni akarnók, a hullámelmélet megalapítása körül még indirekt érdemei sem volnának. Volt azonban egy másik francia fizi-

kus, Pardies jezsuita (1636-1673), ki szintén igényt tarthat arra, hogy Huyghens előfutójának tekintessék, még pedig jogosabban mint Grimaldi és Hooke. Pardies, a filozófiában Descartes ellenfele, Clermontban a matematika tanára volt. A fényelméletre vonatkozó nézeteit ő maga nem adta elő, hanem csak halála után Ango nevű jezsuita terjesztette elő azokat *L'Optique divisée en trois livres etc.* Paris 1682. című művében. Ango-nak munkájában olyan megjegyzések vannak, melyek egészen megfelelnek a hullámelméletnek. A fényrezgéseket az inga lengéseihez hasonlítja, majd ismét azt mondja, hogy azok hasonlóak azokhoz a rezgésekhez, melyek a víz fölületén keletkeznek, ha a vízbe követ ejtünk; továbbá határozottan kifejezi, hogy a fény az éternek szukczessziv hullámai által terjed, úgy, miként a hang a levegőben. A visszaverődés és törés elmélete Ango-nál még nagyon hiányos ugyan, de egyik megjegyzése egészen helyes és jelenleg is teljes érvényű: a sík hullámnak a törés után megfelel egy másik sík hullám, mely nem

egyéb, mint mértani helye mindazoknak a pontoknak, melyekbe, a fénypontból kiinduló rezgések egyidejűleg érkeznek, s az utóbbi síkhullámra vont függélyes kijelöli a megtört sugár irányát. Eme föltevésekkel a sugártörés törvénye bár nem szigorúan, de nagyon észszerűen vezethető le. Még megjegyezhetjük, hogy Pardies-nek a hullámelméletével Newton-nal szemben igaza volt ugyan, de nem volt igaza a színszórás elmélete dolgában, mivel a Newton elméletét, bár a Grimaldi és Hooke nézeteire támaszkodva, annál jobbat fölállítani nem tudott, elvetette.

Így állottak a dolgok, midőn Huyghens a hullámelmélet megalapításához fogott. Láttuk, hogy ő előtte már többen voltak, kiknek a tárgyról egészen helyes nézeteik voltak, s Huyghens maga sem állította, hogy elmélete minden ízében új és eredeti, sőt maga mondja, hogy Pardies kéziratai a kezei között megfordultak. Huyghens előfutóinak nézeteit figyelmére méltatta és sok irányban rájuk támaszkodott. És ha mégis Huyghens-t nevezzük a hullámelmélet megalapítójának, ezt

azért teszszük, mivel ez az elmélet csak az ő kezei között fejlődött ki valóságos elméletté, azaz olyanná, melylyel az ő korában ismert fénytűnemények mindegyike kimagyarázható lett volna.

Huyghens elmélete lényegében a következő. Támaszkodva a Römer fölfedezésére, alapúl elfogadja a fény szukczzessziv terjedését, még pedig oly formán, hogy a világító testnek minden egyes részecskéje alá van vetve rezgő mozgásnak, tehát a fény nem úgy keletkezik mint a hang, a melynél a hangzó test részecskéi együttesen rezegnek. A rezgések igen finom anyagban, az éterben terjednek tova; az éter jelenlétére a fény rendkívüli sebessége utal. A rezgések szukczzessziv terjedését szellemes és találó hasonlattal magyarázza: az éter részecskéivel ugyanaz történik, a mi az egyenlő nagyságú rugalmas golyók sorával történik; ha ezt a sort egy rugalmas (a többivel egyenlő) golyó megüti, a sor végén csak egy golyó ugrik el, tehát az egyes impulzusok véges időben mentek át minden egyes golyóról a



következőre, mert ha az impulzusok pillanatnyi-  
lag terjedtek volna, az egész sornak ki kellett  
volna mozdulnia helyéből. Ha a sor mindkét vé-  
gét két egyenlő nagy, egyenlő és ellenkező se-  
bességű golyó üti meg, az ütő golyók az ütközés  
előtti sebességükkel visszapattannak, maga a sor  
pedig nyugalomban marad, tehát a rugalmas kö-  
zegben két impulzus ellenkező irányban egyszer-  
re terjedhet. Ez utóbbi ténnyel megmagyarázza  
azt, a mi a fény elméletével eddig foglalkozó fi-  
zikusokat mindig meglepte, hogy t. i. szűk nyílá-  
son számtalan fénysugár hatolhat át, a nélkül,  
hogy egymást zavarnák.

Az elmélet alapját ekként megvetvén, Huyg-  
hens a fény egyenes vonalú terjedését, visszave-  
rődését és törését egy és ugyanazon elvre, a bur-  
koló hullámok elvére vezeti vissza. Ha valamely  
fénypontból izotróp közegben a gömbalakú hul-  
lám bizonyos távolságig eljutott, akkor a hullám-  
felület minden egyes pontját új fénypontnak te-  
kinthetjük, mely fénypontokból új gömb-  
hullámok indulnak ki: bizonyos idő múlva ezeket

az egyenlő sugarú gömböket új gömbfelület burkolja, olyan gömbfelület, melynek középpontja az eredeti fénypont. Huyghens mármost arra törekszik, hogy kimutassa, miszerint csupán a burkoló fölületen van jelentős mozgás; de ennek okát csak abban találja, hogy a burkoló fölület létrehozatalára valamennyi elemi hullám működött közre. Evvel az elmélkedéssel, mely, mint Huyghens maga is belátta, korántsem szigorú, mégis igazolva találta azt, hogy miért van csupán csak ott jelentős rezgő mozgás, a hova a rezgések egyidejűleg jutnak el, mit Ango is állított, de a mint Huyghens megjegyezte, nem bizonyított be. Huyghens elmélkedése a tünemények bizonyos csoportjánál elfogadható ugyan, de elégtelenné válik, ha oly tüneményekről van szó, melyeknél a hullámfölület egyes pontjából kiinduló elemi hullámokat is figyelembe kell venni. Újabb időben Weber testvérek (Ernő és Vilmos) törekedtek, hogy amaz elmélkedést kísérleti úton igazolják.

Huyghens elméletének még az a hiánya is van, hogy a fénypontnak csak egyetlen egy impulzusa által előidézett hullámmal törődik; hogy aztán miként következnek a hullámok egymásra, avval nem gondol. Ennélfogva nem kell csodálkoznunk azon, hogy Huyghens azokat a fénytűneményeket, melyek éppen a hullámok egymásután való következéséből erednek, nevezetesen az interferencia tűneményeit, egészen elejtette.

Úgy látszik, hogy a burkoló hullámok elvével a hullámok terjedésének magyarázatát fölöslegesen komplikáljuk, azonban bizonyos esetekben evvel az elvvel a tűnemények magyarázatát rendkívül egyszerűsíthetjük. S valóban, Huyghens evvel az elvvel a fény egyenes vonalú terjedését, a visszaverődést és a törést teljesen kimagyarázza. A visszaverő és törő fölületet síknak veszi ugyan, de az elmélet tetszőleges fölületre általánosítható.

Továbbá ugyanez az elv vezette Huyghens-t a kettős törés törvényeinek fölfedezésére. A fény-

sugár, mely a mézspátra esik, két sugárra oszlik; Huyghens a két sugár törési viszonyait megvizsgálván, azt tapasztalta, hogy a rendes sugár követi a Snell törvényeit, holott a rendkívüli sugár ezektől eltér, s iránya a beeső sugár irányától és a beesés síkja helyzetétől függ, tehát változó. Huyghens átlátta, hogy a burkoló hullámok elve nem izotróp közegre is érvényes, azaz oly közegre is, melyben a hullámfölület nem gömb, hanem más fölület; itt a hullámfölület minden egyes pontjából szintén elemi hullámok indulnak ki, s ezek bizonyos idő után megfelelő fölület által burkoltatnak. Az elméletnek emez általánosításával a kísérleti eredmények figyelembe vétele mellett azt találta, hogy a rendkívüli sugárnak megfelelő hullámfölület nem gömb, hanem forgásbeli ellipszoid, melynek forgástengelye párhuzamos a kristály főtengelyével, vagy egy evvel párhuzamos vonallal. Bátran mondhatjuk, hogy az elmélet nélkül, tehát csupán csak a kísérleti eredményekből, ezt a törvényt sem Huyghens, sem más valaki nem találhatta volna föl.

Huyghens elmélete segítségével megmutatta, hogy miként lehet a beeső sugárnak megfelelő megtört sugarat, mind az izotróp, mind pedig a nem izotróp közegre nézve megszerkeszteni. Az utóbbi szerkesztés csak az egy optikai tengelyű kristályokra vonatkozott, mert a mészpáton kívül más kettősen törő anyag nem volt ismeretes. Huyghens később fölfedezte ugyan, hogy a kvarcz-kristályok is kettős törők, de ezek is egytengelyesek. A jelen század elejéig a mészpáton és a kvarczon kívül más kettős törő anyagot nem is ismertek.

Huyghens-nek a mészpáttal tett nagyszabású elméleti fölfedezése kedvező alkalmat nyújt, hogy az ugyanavval a testtel tett másik kísérleti fölfedezéséről, a polározódásról szóljunk. Evvel az optikát egy egészen új tüneménynyel gazdagította, oly tüneménynyel, mely később, igaz hogy csak hosszú idő múlva, épen a hullámelmélet fejlődésére a legnagyobb befolyást vala gyakorlandó.

Huyghens két mészpát-romboédert úgy tett egymás mellé, hogy a fénynek, miután az egyiket már átjárta, a másikra kellett esnie. Ekkor azt tapasztalta, hogy ha a romboéderek főmet szeteipárhuzamosak voltak, az első romboéder szétosztotta sugarak a másodikon változatlanul átmennek, azaz a rendes sugár megmaradt rendesnek, a rendkívüli pedig rendkívülinek, s nem oszoltak újra két-két sugárra. Ellenben, ha a főmetszetek egymásra függélyesek voltak, a rendes sugár, mely az első romboéderből kilépett, a másodikban rendkívülivé, az első romboéder rendkívüli sugara pedig a másodikban rendessé vált. A közbelső helyzetekben az első romboéderből kilépő két sugár mindegyike a másodikban ismét két-két sugárra oszlott; ez által négy kép keletkezett, s e képek fényerőssége a főmetszetek képezte szöggel együtt változott.

Huyghens nem volt képes eme tüneményeket kimagyarázni, de az ő fényelmélete erre a célra különben sem lett volna elégséges, mert ő a hullámokat longitudinálisoknak, tehát a hanghullá-

mokhoz hasonlóknak képzelte. A polározódás és a transverzális hullámok elmélete csak majdnem másfél század múlva talált ápoló kezekre, midőn t. i. Malus a reflexió előidézte polározódást fedezvén föl, a Huyghens kísérletét, s evvel kapcsolatban Fresnel pedig a Hooke hipothézisét elevenítette föl.

Másképen áll a dolog a diffrakcióval; ennek elmélete a transverzális hullámok nélkül is kifejtethető. Azonban Huyghens-re nézve ez a tünetény egészen idegen maradt, mivel, mint említettük, ő mindig csak egy hullámot vett figyelembe, a hullámok egymásra való következésével s az ebből vonható következtetésekkel nem törődött, minek folytán a Grimaldi fölfedezésén még a Huyghens elmélete sem lendített semmit. A diffrakció tünetényeit mindössze is az átlátszatlan testek szélei által előidézett inflexiónak tulajdonították, s ez a fölfogás egészen a Young idejéig uralkodott.

XI. Meteorológiai optika. A hullámelmélet további sorsa. - Párhuzam Newton és Huyghens között.

Ha Huyghens-nek az optikában elért eredményeit áttekintjük, mondhatjuk, hogy három tüneménynek, nevezetesen a visszaverődésnek, az egyszerű törésnek és a kettős törésnek (a mennyiben ez utóbbi tünemény ismeretes volt) elméletét teljesen kifejtette. A többi fénytüneményt, melyek az ő korában ismeretesek valának, nevezetesen a színszórást, a vékony lemezek színeit, a diffrakciót és a polározódást ő nem fejtegette; pedig a polározódás kivételével a többit mind tárgyalhatta volna. Hogy ezt még sem tette, annak oka egyrészt elméletének jeleztük hiányai-ban, de másrészt - mint ezt talán alaposan föltehetjük - abban a körülményben rejlik, hogy ő, ki a fizika többi ágait, továbbá az asztronómiát és a matematikát is oly sok és oly fontos ténnyel gazdagította, a mondott tünemények fejtegetésére már csak idő hiánya miatt sem terjeszkedhetett ki. Mégis Huyghens érdemeinek előterjesztése



még vázlatban is hiányos volna, hit a meteorológiai optikában végrehajtott vizsgálatait hallgatással mellőznők.

Mariotte-nál említettük, hogy a XVII-ik században a melléknepok és az udvarok szorgalmasan észleltettek, s ez által a fizikusok figyelme ama tűneményekre az addiginál nagyobb mértékben terjedt ki. Descartes volt az első, ki azt a nézetet fejezte ki, hogy ama tűnemények oly módon keletkeznek, hogy a Nap fénye a levegőben levő jégtűk vagy jégcsillagocskák által megtöretik és visszaveretik, de a tűneményeket elméletileg nem magyarázta meg.

Huyghens e tárgyra részint az észleletek, részint pedig a Descartes eszméje által figyelmessé tétetvén, az udvarok és melléknepok elméleti magyarázatának kifejtéséhez fogott. Huyghens föltette, hogy a levegőben apró jéggömböcskék lebegnek, s hogy a gömböcskéknek átlátszatlan magjuk van, az átlátszó kéreg a fényt a Snell törvénye szerint töri. Huyghens kiszámította, hogy

az átlátszatlan mag átmérőjének mily viszonyban kell lennie az átlátszó gömb átmérőjéhez, hogy az elméleti eredmény a tapasztalással megegyez-  
zék. A melléknapok keletkezését jég hengereknek tulajdonította.

Huyghens elmélete, mindamellett hogy nagyon hiányos volt, elismerést érdemel, nemcsak azért, mivel az első volt, hanem azért is, mivel tökéletesebb elméletnek útját egyengette. S valóban, Huyghens elmélete készítette Mariotte-ot, hogy eme tárggyal foglalkozzék.

Mindenesetre nagyon sajátságos jelenség, hogy Huyghens-nek az imént említett nagyon tökéletlen elmélete egyik kortársára azonnal buzdítólag hatott, s az elmélet további fejlődésére közvetlen befolyással volt, holott a hasonlíthatatlánul tökéletesebb és jóval fontosabb hullámelméletre kedvezőtlen sors várakozott. A kísérleti eredmények, melyekre Huyghens elméletét alkalmazta, magával az elmélettel oly szép összhangzásban valának, hogy méltán várhatta volna,

hogy elmélete közelismerésben fog részesülni, és hogy a tudományra nézve oly mozgalmas korban, minő a XVII-ik század második fele volt, minél rövidebb idő alatt még fényesebb eredményeket fog szülni. Azonban a szép elméletre mindezek helyett mellőzés, sőt igazságtalan támadások vártak. S mivel Huyghens többi fölfedezései neki nemcsak hogy elismerést és dicsőséget szereztek, hanem egyesek azokat még meg is irigyelték, elannyira, hogy azokat magukhoz ragadni akarták: méltán kérdezhetjük, mily körülmények működtek közre, hogy a Huyghens többi elméleteivel egyrangú, sőt a következményeiben sokkal termékenyebb hullámelmélet nem részesült hasonló sorsban?

Egy történelmi egyszerű tény erre a kérdésre teljesen megfelel. 1672-ben, tehát jóval a *Traité de la lumière* megjelenése előtt, Newton, Huyghens-nek nagyhírű és nagytekintélyű kortársa, közzétette volt a fény emissziós elméletét, mely a hullámelmélettel homlokegyenest ellenkezett. S mivel Newton már 1687-ben a gravitáció elmé-

lete által dicsősége tetőpontjára jutott, nem csoda, hogy kortársai az ő fényelméletét is lelkesedéssel fogadták, s a nélkül, hogy azt közelebbről megvizsgálták volna, mint csalhatatlan tant fogadták el. Mikor Huyghens a hullámelmélettel föllépett, a Newton elmélete már a hívők egész seregével rendelkezett s annyira befészkelte magát, hogy talán még akkor sem lehetett volna kiirtani, ha róla maga a szerzője levette volna kezét. De ilyesmit Newton soha sem tett, mit különben az elért külső siker után várni nem is lehetett; sőt midőn Newton tapasztalta, hogy az emissziós elmélet a kettős töréssel sehogy sem hozható összhangba, inkább téves magyarázatot állított föl, semhogy elméletét föladta volna.

A Newton utáni korszakban alig mert volna valaki az emissziós elmélet ellen kikelni, mert minden támadás a newtoni tekintély ellen irányzottnak tekintetett volna; igaz, hogy, nem is akadt senki, a ki a két elmélet alapos összehasonlításából ily támadáshoz megkívántató fegyvert kovácsolt volna. Pedig ilyen fegyvert maga

Newton adott volna a támadók kezébe, mert a színgyűrűkre vonatkozó vizsgálataival világosan kitűntette, hogy az optikai tűneményekben a fény periodicitásának okvetetlenül nagy szerepe van, s ez által a hullámelmélet ügyén, talán nem a tudtán kívül, nagyot lendített. A Newton vizsgálatai okvetetlenül arra kényszerítették volna a hullámelmélet híveit, hit ilyenek lettek volna, hogy a Huyghens mulasztását pótolják, azaz, hogy föltegyék, miszerint a fényhullámok nem függetlenek egymástól, hanem a fénypontból kiindulván, bizonyos törvény szerint következnek egymásra.

Csak a múlt század közepén akadt a hullámelméletnek pártfogója, a legnagyobb német matematikusnak, Euler-nek (1707-1783) személyében. Azonban Euler a kísérleti fizikában nem igen lévén járatos, a dolognak inkább csak a matematikai oldalát vette tekintetbe, s inkább csak a Newton elméletéből folyó következetlenségeket mutatta ki, de a hullámelméletet az ellene intézett támadások ellen a kellőképpen megvédelmezni nem tudta.

Különben Euler maga is nagyon ingadozott, mit a legjobban át fogunk látni, ha elméletét röviden áttekintjük.

Euler mondotta ki először, hogy épen úgy mint a hanghullámok, a fényhullámok is periodusosak; hogy a fény színe a rezgési időtől függ; azaz, hogy a fénynél a szín ugyanaz, a mi a hangnál a magasság.

Hogy evvel a föltevással a színgyűrűket kimagyarázza, a vékony lemezek között a színeket úgy keletkezteti, miként a hang a nyílt sípokban keletkezik; a lemezek között az éternek ugyanaz a szerepe van, mint a levegőnek a sípokban. Valamint bizonyos magasságú hang csak megfelelő hosszúságú sípban keletkezhetik, úgy bizonyos színek is csak a lemez megfelelő vastagsága mellett jöhetnek létre, minden más esetben hang, illetve fény, nem keletkezhetik. Továbbá, valamint a kurtább sípok magasabb hangokat adnak, úgy a vékonyabb lemezek gyorsabb rezgésű fényt eredményeznek. S mivel ott, a hol a lemez véko-

nyabb, ibolyaszín keletkezik, Euler egészen helyesen azt következtette, hogy a rezgések időtartama a fény törékenységevel fordított viszonyban van. A mi a színgyűrűknél a színek periodusos visszatérését illeti, erre nézve Euler azt mondja, hogy valamint a síp mindazokat a hangokat adhatja, melyek az alaphanggal egyszerű viszonyban vannak, úgy bizonyos vastagságú éter-réteg is rezgései által különböző színeket eredményezhet.

Mindezek a nézetek s a belőlük vont következtetések egészen helyesek voltak s nagyon alkalmasak lehettek volna arra, hogy az emissziós elmélet híveit megingassák; de sajnos, hogy később Euler is letért a helyes útról, sőt olyan elméleteket állított föl, melyek nem haladásról, hanem visszaesésről tanuskodtak. Így a többi között egy helytelen analógia folytán azt állította, hogy a rezgések ideje a törékenységgel növekszik, azaz a vörös fény rezgései gyorsabbak, mint a kékéi; hogy a testek színe saját részecskéik rezgéseitől függ, s a rájuk eső fény csak arra való, hogy ama

rezgéseket folytonosan ébren tartsa! sőt Euler, talán akarata ellenére, az emissziós elmélethez közeledett, midőn a fény visszaverődését a rugalmas golyókéhoz hasonlította. Az a tünet, hogy keskeny nyíláson több fénysugár hatolhat át, a nélkül, hogy egymást zavarná, Euler-nek nagy nehézséget okozott, holott ezt a tünetet már Huyghens egészen világosan megmagyarázta. S itt Euler megint a Newton elméletéhez közeledett. Newton, hogy a mondott tünetet érthetővé tegye, azt mondá, hogy a fényérzet a látóidegen hosszabb ideig megmaradván, elegendő, ha minden egyes másodperczen mintegy tíz fénymolekula üti meg a látóideget, tehát a fény rendkívüli sebessége folytán föltehető, hogy a sugáron levő fénymolekulák egymástól igen nagy távolságokban vannak, tehát a különböző sugarak molekulái a keskeny nyíláson átbujhatnak a nélkül, hogy összeütköznenek. Euler pedig azt mondotta, hogy a fény igen rövid tartamú rezgésekből áll ugyan, de eme rezgéseket hosszú időközök választják el egymástól; tehát Newton



magyarázatát csak annyiban módosította, hogy a sugáron levő molekulák helyére rezgéseket tett. Magától értetődik, hogy ilyen elmélettel az interferenciát nem lehetett volna kimagyarázni.

Ily körülmények között az Euler munkáinak nem is lehetett valami különös hatása. Minden a régiben maradt, míg a jelen század elején Young az interferenciák elvét föllállítván, Huyghensnek oly hosszá ideig méltatlanul mellőzött elméletét föleleveníté, s az optikában oly haladásnak nyitotta meg útját, a minőhöz hasonlót a fizika történetében keveset találunk.

Az emissziós elmélet utolsó bajnokainak, Biot és Poisson-nak elhulltával a hullámelmélet az őt méltán megillető egyeduralmat gyakorolja.

Mivel Newton föllépése a Huyghens elméletének sorsára döntő befolyást volt gyakorlandó, hajlandók vagyunk azt kutatni, hogy e két lángész közül melyik volt a fizikai tudományoknak nagyobb hasznára. Mind a ketten a fizikának rokon ágait művelték, s ezekben mind a ketten

olyan fölfedezéseket tettek, melyek a tudomány további fejlődésére rendkívüli hatást gyakoroltak; mind a ketten ugyanabban a korban s ugyanazon kortársaknak körében működtek, tehát a tudományhoz való külső viszonyaik is körülbelül ugyanazok valának. Mindezek a körülmények erélyesen biztatnak, hogy az összehasonlítást, bár ennek a Newton érdemeinek tüzetes előtüntetése után inkább volna helye, már most kísértsük meg.

Ez első pillanatra merész föladatnak látszik, mert még most is vannak elegenden, kik Newton-t a modern tudományosság kizárólagos apostolának tekintvén, már előre sem engednék meg, hogy ő kortársai valamelyikével nem magasabb, hanem csak egyenlő rangba soroztassék. Mindjárt előre is bocsátjuk, hogy csak a fizikai állásponton maradunk, s ki merjük mondani, hogy eme szempontból az összehasonlítás egészen jogos. Sőt avval sem mondunk nagyot, ha azt állítjuk, hogy az összehasonlítás matematikai szempontból sem

volna jogosúlatlan, bár itt az eredmény előreláthatólag Newton javára dőlné el.

Hosszas elmélkedés nélkül is beláthatjuk, hogy első sorban csak a hullámelmélet és a gravitáció elmélete jöhetnek szóba. Az a kérdés merül föl tehát, hogy a két elmélet egyaránt fontos-e, hogy Huyghens és Newton az illető téren mennyiben találtak már művelt talajra, s az illető elméletet a tökélynek mily fokára emelték.

Azok a tudományos eredmények, melyek mind a hullámelmélettel, mind pedig a gravitáció elméletével korunkig elértettek, egymáshoz egészen méltók s egyaránt nagyszabásúak.

A jelen században mind a két elmélet olyan fölfedezéseket szült, melyekben a tapasztalásnak, hogy úgy mondjuk, csak közvetett érdeme van, értjük egy újnemű sugártörésnek és egy új bolygónak fölfedezését; mind a két fölfedezés a legékesebben szól az illető elméletek szilárd alapjáról. Igaz ugyan, hogy a hullámelmélet az éternek, ennek a hipotézises anyagnak fölvétele által hi-

pothézissel van kapcsolatban, holott a gravitáció elmélete minden hipotézist kizár, azonban a hullámelméletnek ama rossz oldalát bőven kipótolja az a körülmény, hogy az optikában a tünetmények különmemű több csoportjával van dolgunk, s a hullámelmélet mégis mindegyik csoportot megmagyarázza, holott a gravitáció tünetményei látszólagos változatosságuk mellett is mindannyian egy csoportba tartoznak. Az első kérdésre, vajjon a két elmélet tudományos szempontból egyenlő értékű-e, minden tétovázás nélkül igennel felelhetünk.

Már most mily állapotban találta Huyghens a fény elméletét és Newton a gravitáció elméletét? Mind a kettejüknek voltak előfutóik; az egyik részről, hogy csak a főbbeket említsük, Grimaldi, Hooke és Pardies, a másik részről Kepler, Borelli s ugyancsak Hooke. Ha ezeknek az előfutóknak eredményeit kellőképen egybevetjük, bátran mondhatjuk, hogy Newton a gravitáció elméletét készebbnek találta, mint Huyghens a fény elméletét. Itt tehát az előny az utób-

binak a részén van, nem is tekintve azt, hogy talán még szóba jöhetne, mennyiben voltak a Newton vizsgálatai a Hooke-étől függetlenek.

Másképen áll a dolog, ha arra a kérdésre akarunk megfelelni, hogy a két tudós közül melyik vitte tovább a szóban forgó elméleteket. Newton a gravitáció tanát befejezte, holott Huyghens a hullámelméletnek csak alapjait vetette, s hozzá tehetjük, hogy biztosan vetette. Itt tehát az elsőség a Newton részén van; azonban ismételve ki kell mondanunk, hogy Newton-nak csak egy csoportba tartozó tünetényekkel volt dolga, tehát figyelme már a tárgy által is egy és ugyanazon irányba tereltetett, holott Huyghens előtt a tünetények több csoportja állott, s valóban eleget tett avval, hogy közülök hármon teljes diadalt aratott. Ha ezt a körülményt nem akarnók is Huyghens javára betudni, akkor az előbbeni pontban felhozott elsősége még mindig elégséges, hogy Newton-nak a gravitáció-elmélet befejezéséből eredő előnyét kiegyenlítse.

Most még csak Huyghens és Newton egyéb fizikai eredményeit kell szembe állítanunk. Itt, hogy csak a fontosabbakat említsük, az inga-elmélettel, a centrifugális erővel, s az ütközés elméletével, különösen pedig ez utóbbinak elvi jelentőségével, a színszórásra, a színgyűrűkre és a hang sebességére vonatkozó vizsgálatok állnak egymással szemben. Itt a tüzetesebb elemzés alól magunkat fölmenthetjük; a tények egyenlő fontossága s a tökéletességnek egyenlőképen elért foka a mérlegnek már amúgy is kiegyenlített serpenyői közül sem az egyiket, sem pedig a másikat, de a Newton-ét semmi esetre sem nyomná lejjebb.

Úgy hisszük, hogy már ez a nagyon is rövid összehasonlítás mindenkit meggyőzhet, hogy a fizikában a dicsőség pálmája Huyghens-t legalább is abban a mértékben illeti meg, mint Newton-t. Ha az értelmes olvasó egybevetéseinket nem találná eléggé részleteseknek és behatóaknak, rajta áll, hogy a hiányzó részleteket kiegészítse; a főbb pontokat már amúgy is kijelöltük.

Még azt kérdezhetné valaki, hogy egyáltalában mire való ez az összehasonlítás? hiszen mindenki, ki a fizikával foglalkozik, Huyghens és Newton érdemeit egyaránt méltányolja, s nem is akarja az egyiket a másiknak kedvéért háttérbe szorítani.

Igenis, azok, kik a fizika kényesebb elméleteibe be vannak avatva, vagy ezeket legalább is az eredményekből ismerik, mind a két fizikusnak érdemeiről kellőképen tájékozva vannak. Azonban a közönség nagyobb része előtt Huyghens neve kevésbé ismeretes, mert fölfedezései mindinkább fejlesztetvén, a szerző neve mindinkább háttérbe szorult, úgy, hogy jelenleg már csak a tudomány történetének szálaít kereső bűvár ismerheti föl benne a Newton-nal egyenrangú lángészt, holott Newton nemcsak hogy általánosan ismeretes, hanem a világegyetem örök rendjét hirdető törvénye alapján még népszerű is. A tárgy érdekességén kívül szolgáljon mentségünkül ez a történelmi csekély igazságszolgáltatás, melylyel Huyghens-nek adózni akartunk, s a

melylyel Huyghens életének és műveinek ismer-  
tetését a legméltóbb módon véltük befejezhetni.



# NEWTON



*Isaac Newton.*

Newton élete külső eseményekben korántsem oly gazdag, mint Galilei-é vagy más korszakalkotó fizikusé. Neki sem anyagi terhekkkel, sem a szellemi sötétség ellen küzdenie nem kellett; élete folyásában valamely különös érdeket keltő vagy épen tragikai vonást - hacsak nagy szellemének időleges elhomályosodását ilyennek nem tekintenők - hiába keresnénk. Íme életének rövid jellemzése: a tudományt annyival gazdagítá, a mennyivel egy hozzá hasonló lángész csak gazdagíthatja; dicsőség és elismerés kísérte működését.

Newton tanítványai nem sokat törődtek avval, hogy mesterük élettörténetét a közelmúlt időkből merített emlékek alapján megírják. Csak a jelen században kezdték Biot és Brewster Newton életét alaposan tanulmányozni. A következő életrajzban első sorban Biot tanulmányára támaszkodtunk, mert ezt találtuk a legkevéssbé részrehajlónak. Biot nem is lehetett részrehajló: mint

franciát a hazafiság érdemen felül való magasztalásokra nem serkenthette, más részről pedig mint az emissziós elmélet hívének, érdekében állott, hogy mestere érdemeit védelmezze.

A másik munka, melyet különös figyelembe vettünk, Brewster kitűnő munkája, melynek megjelenése Biot-nak nagyon találó megjegyzésekre adott alkalmat.

A Biot írta életrajz a Biographie universelle-ben jelent meg, s Biot-nak Newton-ra vonatkozó többi értekezéseivel Etudes sur Newton cím alatt a Mélanges scientifiques et littéraires I. kötetben újra lenyomatott. Brewster munkája Memoires of the life, writings and discoveries of Sir J. Newton címet visel (2. kiadás: Edinburg, 1860. 2 köt. 120). E műnek német fordításáshasználtam.

## I. Newton születése és gyermekkora.

Isaac Newton 1642 december 25-én, karácsony napján, Woolsthorpe-ban, a lincolni grófságban született.

Frisi-nek, a Galilei biográfusának észrevétele alapján mindegyik biográfus mint különös körülményt említette föl, hogy Newton épen abban az évben született a melyikben Galilei meghalt. A dolog azonban úgy áll, hogy a mikor Newton született, Angolországban még a régi naptár szerint számítottak, holott Galilei halálának éve a Gregoriánus naptár szerint jegyeztetett föl; ha a két naptár közötti időkülönbséget figyelembe vesszük, nyilván való, hogy Newton tulajdonképen 1643 jan. 5-én, tehát majdnem egy évvel Galilei és 100 évvel Kopernikus halála után született.

Newton régi nemes családból származott. A család a Lancasterben fekvő Newton nevű ősi lakóhelyétől vette nevét. Newtonból rövid időre a Lincoln grófságban fekvő Westby-be hurczolkodtak, innét pedig Woolsthorpe-ba mentek, hol is állandóan megtelepedtek. Midőn a mi Newtonunk született, Woolsthorpe már mintegy 200 év óta volt a Newton-család lakóhelye.

Newton-nak szintén Izsák nevű atyja Woolsthorpe-ban bérlő volt; anyja, Ayscough Anna, nem sokára fia születése után özvegygé lett s másodszor Barnabás Smith northwithami paphoz ment férjhez, de azért nem mulasztotta el, hogy gyermekének anyai gondját viselje.

Newton, épen úgy mint Kepler, gyenge és beteges testalkattal látott napvilágot. Négy éves korában öreganyja vette pártfogásába s annak felügyelete alatt a Woolsthorpe közelében fekvő skillingtoni és storkei tanyai iskolákban írni, olvasni és számolni tanult. Tizenkét éves korában a granthami nyilvános iskolába küldötték és Clark patikárusnál szállásolták el. Newton, mint később maga is mondá, eleintén nagyon hanyag volt és osztályának legrosszabb tanulói közé tartozott. Tanuló-társai társaságát kerülte s a legszivesebben mechanikai játékszerek készítésével foglalkozott. Így a többi között azt mondják róla, hogy egy szélmalom építése körül addig ólálkodott, míg a gépezet szerkezetét teljesen eltanulta, s ekkor maga is egy kicsiny szélmalmot készített,

melyet szél hiányában egérrel hajtatott; a hajtó erőt egérmolnárnak nevezte, mivel az egér a lisztből épen úgy elfogyasztotta a maga porcióját, mint a hogy ezt a molnárok szokták volt tenni. Továbbá egy kétkerekű kocsit készített, melyet a benne ülő személy hajtott. Még azt is mondják, hogy a szomszéd lakókat megijesztendő, papírsárkányok farkára lámpásokat kötött, s azokat éjnek idején föleregette. Ezenkívül még olyan dolgokat is mondanak róla, minőket azok a biográfusok, kik őt már gyermekkorában is a világ gyönyöreit állandóan kerülő, komoly, sőt rideg filozófusnak akarták előtüntetni, róla alig tettek volna föl: hogy a költészetet annyira szerette, hogy maga is megkísérlette a versírást; továbbá, hogy bármennyire is kerülte legyen iskolatársai társaságát, a fiatal leányok társaságát annál inkább kedvelte, sőt Storay kisasszony iránt nagy vonzalommal viseltetett; legalább erre látszik utalni az a körülmény, hogy Newton dicsősége tetőpontján is többször fölkereste barátneját, ki két ízben is férjhez ment, s midőn utóbb nyo-

masztó viszonyok közé került, Newton őt és családját a pénzzavarból többször kisegítette.

Izsák anyja 1656-ban újra özvegygyé lett, s a második házasságából származott három gyermekével woolsthorpe-i birtokára vonult vissza s ezután Izsák kiképezéséről maga gondoskodott. Mivel fiát tudományos pályára úgy sem szánta, s csak születéséhez illő nevelésben s annyi ismeretben akarta részesíteni, hogy birtokait maga kezdhesse: a fiút magához haza hívta, hogy a gazdaság vezetésébe begyakorolja. Minden szombaton egy öreg szolga kíséretében be kellett mennie Grantham-ba a vásárra; s míg kísérője mezei termékek ára fölött alkudozott, addig az ifjú Newton egy sövény mögött tanult; otthon pedig, a helyett hogy a nyájra ügyelt volna, a fák alatt heverészve, a granthami patikárustól kölcsönözött ócska könyveket forgatta. Woolsthorpe-i kerti lakásának falára egy napórát szerkesztett; ez az óra a legújabb időkben a falról levétetvén, jelenleg a Royal Society helyiségeiben őriztetik. Newton anyja végtére belátta, hogy a fiúból jó

gazda sohasem lesz, s ennélfogva őt a granthami iskolába visszaküldötte.

Newton, miután ezt az iskolát elvégezte, nagybátyjának tanácsára 1661 június havában a cambridgei Trinity-college-be lépett.

Newton Cambridge-ben. - Tanulmányai.

Úgy látszik, hogy a Sanderson logikája és a Kepler Optikája voltak az első munkák, melyeket Newton alaposan tanulmányozott. Hogy az asztrológiával közelebbről megismerkedhessék, a matematikát akarta tanulmányozni, s e célra egy angol Euklides-t szerzett magának. Mint Fontenelle (a Newton Elogiájá-ban) mondja, az Euklides tantételeit oly világosaknak és egyszerűeknek találta, hogy elcsodálkozott rajta, miként lehet ily egyszerű dolgok bebizonyítására még csak gondolni is, s a mint egypár tantétellel megismerkedett, a könyvet félretette, mivel a többit már amúgy is értette és be tudta bizonyítani. Fontenelle hozzá teszi, hogy "Newton-ról ugyanazt lehetne mondani, a mit Lucanus mondott a



Nilusról, melynek forrásait az ókoriak nem ismerték: nem volt az embereknek megengedve, hogy a Nilust forrásaiból fakadónak és gyengének lássák."

E magasztalásra Biot a következő megjegyzést teszi: "Valamennyi biográfus ismételte ezt a szerencsés hasonlatot, s azt a csodát, melyet az föltelez, mint sérthetetlen hagyományt oly általánosan fogadták el, hogy annak, ki eme hagyománynak ellenmondani mer, ugyancsak meg kell győződve lennie, hogy Newton dicsősége arra nem szorúl. Ez a dolog, ha igaznak tételezzük föl, valóban csoda volna; mert ha meggondoljuk, hogy Euklides geometriája a demonstrációknak mily hosszú lánczolatából áll, s hogy azok kifejtése mennyi tétellel és segítő tétellel van komplikálva, s hogy ezt a hosszú lánczot nem lehet megszakítani a nélkül, hogy az eredmények lánczolata is el ne szakadna: lehetetlen, hogy föltegyük, miszerint Newton az eszmék ilyen lánczolatát már egyszerű megtekintés által kitálhatta volna. De azt igenis föltehetjük, hogy,

mintán az első propozíciókat tanulmányozta, a többinek be bizonyítását inkább maga kereste és találta föl, sem hogy bemerüljön ily fárasztó olvasmányba. Ez megfelelne Newton ama későbbi nyilatkozatának, mely szerint megbánta, hogy matematikai tanulmányainak kezdetén nem foglalkozott eleget Euklides-sel. Végre, igaz ugyan, hogy eme magába zárkózott lángész tevékenységének első lépéseit nem találhatjuk föl, mégis, midőn a gyermek Newton-t látjuk, hogy mekkora buzgalommal karolja föl mindazt, a mivel a mechanikai találmányok iránt szenvedélyének eleget tehet, föltehető-e, hogy ne lett volna kedve tanulmányozni a geometriát, melynek alkalmazásaira folytonosan szüksége volt; valószínű-e, hogy oly alapos észszel kedve lett volna napórákat gépiesen szerkeszteni, a nélkül, hogy ő, ki minden dolognak a mélyére szeretett hatolni, amaz eszközök elvét ismerte volna?"

Biot eme szavait nemcsak azért idéztük, hogy előtüntessük, miként kell Newton tehetségeinek első nyilvánulásairól helyesen ítélnünk, hanem

azért is, hogy lássuk, általában mily mértékre kell redukálni a biografusok magasztalásait, midőn valamely kitünőségnek érett korában létrehozott nagy munkáit gyermekkorával összhangba hozandók, a gyermeki tehetség egyszerű nyilvánulásait valóságos csodákká bővítik ki.

Newton, midőn Euklides-sel már készen volt, Descartes geometriájához fogott, s ez által az analysisbe vezettetett be. Csakhamar átlátta, hogy az algebrai egyenletek geometriai helyekhez való viszonyának mily nagy jelentősége van. S épen, mivel Descartes geometriája Newton matematikai tanulmányait egészen új irányba terelte, a francia írók a Descartes iránt való hálátlan-ság egy neméül róják föl neki, hogy később Optiká-jában a szivárvány-elmélet feltalálását Dominis-nek tulajdonította s azt mondotta, hogy Descartes az elméletet csak rektifikálta, holott az érdem pusztán a Descartes-é. Hogy eme szemrehányásnak mennyi jogosultsága van, azt, ha visz-szagondolunk a szivárvány-elmélet történetére, könnyen megítélhetjük.

Descartes geometriájával egyidejűleg a Vieta, Wallis és Schooten munkáit tanulmányozta; különös szeretettel foglalkozott Wallis Arithmetica infinitorum-ával, melyből kivonatokat készített. Newton-nak az a szokása volt, hogy ha észrevette, hogy valamely tétel tökéletesbíthető vagy egyszerűbben bizonyítható be, azonnal jegyzeteket csinált, s ily módon a Wallis munkája alapján is több nagyfotosságú matematikai fölfedezést tett. A binóm-tételt és a fluxiók módszerét 1663 előtt, tehát már 23 éves korában találta föl; többi fölfedezéseinek csírái is ebbe az időszakba esnek. Tételeit összegyűjtötte, de nem publikálta, sőt nem is közölte senkivel, "részben talán azért, mert szerette a nyugalmat és mivel szerénysége visszatartóztatta; de talán azért is, mivel már megfogamzott benne az a gondolat, hogy a kalkulust a természeti tünemények törvényeinek levezetésére alkalmazza, s érezte, hogy az általa feltalált analitikus módszerek alkalmazásai neki ép oly hatalmas mint nélkülözhetetlen segédeszközül fognak szolgálni. Annyi bizonyos, hogy

ama kincs birtoka által teljesen megnyugtatta, azt tartalékba tette, s gondolatai körébe a természet-filozófia tárgyait vonta".

1665 jan. havában a filozófiai baccalaureatust nyerte el, s ugyanebben az évben (augusztus elején) az akkor kitört epidémia elől woolsthorpe-i birtokára menekült s a cambridge-i egyetemre csak egy év múltán tért vissza.

Az 1666-ik évbe esnék az alma históriája, ha valamikor csakugyan megtörtént volna. Newton egy almafa alatt ülven, egy almát látott leesni. E tünetmény alapján az egyenletes és az egyenletesen gyorsuló mozgás okai fölött elmélkedett. A testek magas tornyokról, sőt a legmagasabb hegyek tetejéről is leesnek, tehát miért ne terjedhetne az esést előidéző ok a földtől még távolabb eső régiókig, sőt a Holdig? s ugyanez az ok miért ne kényszeríthetné a Holdat, hogy a Föld körüli mozgásában megmaradjon? A leeső alma előidézte eszmelánczolat még tovább füződven, végtére a gravitáció elméletét szülte.

Nyilván való, hogy ez az egész história csak találmány, mert sem Pemberton, sem pedig Whiston, kiknek maga Newton adta elő, hogy minő eszmelánczolat útján jutott a gravitáció törvényére, arról említést nem tesznek, hanem Newton unokahuga, Barton Katalin, ki azt állítólag Pemberton-től hallotta, Voltaire-nek beszélte el. De nem tekintve, hogy e tény történelmileg igazolva nincs, maga a föltevés, hogy Newton-t a "véletlen" vezette volna az elmélet megalapítására, egészen gyermekies, mert e föltevésnek csak akkor volna helye, ha Newton előtt épen senki sem foglalkozott volna a gravitációval, holott ez Newton idejében a fejlődésnek bizonyos, még pedig jelentős fokát már elérte vala. Newton tisztelői azt az állítólagos almafát is nagy tiszteletben tartották, s midőn azt 1896-ban egy orkán ledöntötte,

Turner, a kert tulajdonosa, fájából széket csináltatott. E széket a kuriózitások kedvelőinek jelenleg is mutogatják.

III. Newton mint professzor és a Royal Society tagja. - Viszálya Hooke-kal. Politikai szereplése.

Cambridge-be visszatérvén, Newton az egyetemi méltóságok többi fokozatait is elnyerte; 1669-ben pedig Barrow az általa betöltött matematikai tanszékről Newton javára lemondván, Newton azt el is foglalta. Newton Barrow előtt már régebben nagy tekintélyben állott, elannyira, hogy Barrow a geometriai és optikai munkáinak kiadását Newton-ra bízta, sőt az Előszóban beismeri, hogy Newton-nak többrendbeli igazításait figyelembe vette. Barrow az exakt tudományokkal azért hagyott föl, hogy azontúl kizárólag a teológiával foglalkozhassék.

Newton professzori teendőinek 30 éven át a legnagyobb buzgalommal felelt meg, s Cambridge-et évenként csak egyszer, vakáció idejében, s ekkor is csak egy hónapra hagyta el.

1672 jan. 11-én Sethward, salisbury-i érsek, ajánlatára a Royal Society tagjává választatott.

Newton ezt a megtiszteltetést nem kereste. De mivel az akkori szokás szerint a megválasztandónak mégis meg kellett adnia a látszatját, hogy megválasztatás után vágyakozik, Newton egy értekezést mutatott be. Ebben leírta a katoptrikai messzelátókra vonatkozó javításait, melyek első sorban az eszközöknek kényelmesebbé tételére irányultak. Newton maga is készített egy teleszkópot, mely minden hiánya mellett is nagy föltűnést keltett, mert a Gregory és Cassegrain találmánya-it akkoriban még nem igen ismerték. Ezt a teleszkópot, melyet II. Károly király és udvara is megbámolt, jelenleg a Royal Society archivumaiban őrzik.

Newton a megtiszteltetésre a teleszkópon kívül más jogcímmel nem is bírt, mert fényes fölfedezései, melyekkel nevét megörökítendő vala, ekkor még nem állottak a tökéletesség azon fokán, melyet el nem engedhetőnek tartott, ha valamely munkáját közzétette. Azonban könnyű érteni, hogy Newton lángeszének egyes vonásai által



kortársai figyelmét nyomtatott munkák nélkül is magára vonhatta.

Két hónappal a teleszkóp bemutatása után Newton egy sokkal fontosabb dolgot közölt a Royal Society-vel, nevezetesen a fehér fény szétbontására vonatkozó vizsgálatait, melyek oly nagy föl-tűnést keltettek, hogy a társulat tagjai Newton-t maguk között a legjelesebbnek ismerték el. Azonban az általános öröm és elismerés közepet-te az irigység is fölütötte fejét: Hooke, a fény el-méletében Newton-nal ellentétes álláspontot fog-lalván el, nem mulasztotta el, hogy áskálódásai-val Newton nyugalma felháborítsa, s miután a vitába később még Huyghens, Pardies és Linus is belekeveredtek, Newton, ki azt hitte, hogy a Ro-yal Society-ben való föllépése okozta az ellene intézett támadásokat, a vita közepette, 1673 márcz. 8-án, Oldenbourg-hoz, a társulat titkárá-hoz intézett levélben beadta lemondását, mely azonban nemcsak hogy nem fogadtatott el, ha-nem Newton még az illetékek befizetése alól is fölmentetett.

1675 ápr. 27-én megkapta a királytól az arra szolgáló fölmentvényt, hogy a Trinity-college-nél mint professzor tovább is működhessék, a nélkül, hogy az egyházi rendbe lépni kényszerítettessék.

Pár év múlva egy váratlan esemény Newton-t a politikai pályára terelte. Ugyanis II. Jakab király meghagyta az egyetemi tanácsnak, hogy Francis nevű benczést a filozófia doktorává kinevezze, a nélkül, hogy a király iránt való hódolati esküre kötelezze. A tanács megtagadta a király kívánságát, bár ama cím osztogatásával nem igen fukarkodott, sőt néha még mahomedánoknak, így a többi között a marokkói követnek is adományozta. Azonban Francis pápista volt, s az akkori időkben Angolországban a vallási türelmetlenség még hatalmasan uralkodott. Az ügy a király ítélőszéke elé került; a tanács Londonba képviselőket küldött; ezek között volt Newton is. A képviselők oly hévvel védelmezték az egyetemi tanács álláspontját, hogy Jeffrys elnök a gyű-

lést feloszlatta s a képviselőket az ítélet kihirdetése nélkül haza küldötte.

Az egyetemi tanács, Newton iránt való elismerésének még nyomósabb kifejezést adandó, őt az 1689-iki parlamentbe képviselőjéül küldötte. Ez a parlament, mely a trón megüresedését proklamálta, nagy dolgoknak volt előkészítője. Newton elfogadta a mandátumot, de az új pályán, melyen barátai nagy dolgokat vártak tőle, sehogy sem érezte magát. A tárgyalások iránt egészen közönyös maradt, s a mint mondják, csak egyetlen egyszer szólalt föl: figyelmeztette a szolgát, hogy az egyik ablakot tegye be, nehogy a légjárás az épen beszélő szónoknak megártson.

IV. Newton visszatérése a tudományokhoz. Szellemi erejének hanyatlása.

A parlament 1690 február havában feloszlván Newton Cambridge-ben ismét hozzá fogott kedves tanulmányaihoz. Ez időben veszíté el anyját, mi kedélyére nagyon leverő hatással volt.

1692-ben Newton egészsége hanyatlani kezdett; már egy év óta étvágyhiány és álmatlanság miatt panaszkodott. Testi erejének fogyatkoztaival a tudományos dolgok fölött való elmélkedésekben sem volt oly kitartó, mint az előtt, s ha a matematikai kutatásokba belefáradt, a történelemmel és a chronológiával foglalkozott. Egy nagyon kellemetlen esemény, mely őt és a tudományt sok fáradsága gyümölcsétől fosztotta meg, kedélyére nagyon leverőleg hatott. Az eset a következő volt. Newton-nak egy "Diamond" (gyémánt) nevű kedves kutyája volt; egy este kénytelen lévén dolgozó szobáját rövid időre elhagyni, kutyáját vigyázatlanságból maga után bezárta. A kutya az asztalon levő égő gyertyát feldöntvén, az ott levő irományok lángra kaptak, úgy, hogy a mikor Newton néhány percz múlva visszatért, sok évi fáradságos munkájának gyümölcse már a lángok menthetetlen martaléka volt. Mondják, hogy Newton eme roppant kár láttára meglegedett avval, hogy így kiáltson föl: "Ó Diamond, nem is gyanítod, hogy micsoda bajt csináltál ne-

kem!" E szavak, ha valóban elmondattak, Newton lelki nyugalmának csakugyan fényes bizonyítékai.

Azonban Biot szerint ez az esemény Newton szellemi életére mély benyomást volt gyakorlandó, "mert az e fölötti fájdalom - melyet a visszaemlékezés még inkább élesztett - megrontá egészségét és, a mint látszik, ha csakugyan mondani mernők, bizonyos időre megzavarta elméjét".

Biot ezt a tényt, melyről addig senkinek sem volt tudomása, Huyghens-nek kéziratban levő egyik jegyzete alapján hozta nyilvánosságra. Ugyanis Biot Van Swinden hollandi fizikustól a következő közleményt vette:

"A híres Huyghens kéziratai között egy kicsiny foliáns van; ez valami napló-félének látszik, melybe Huyghens különféle dolgokat szokott volt bejegyezni; a leydeni könyvtár katalógusában 8. sz. alatt van bejegyezve. Íme, mit találtam abban följegyezve, még pedig

Huyghens saját kezével, melyet számos kéziratából és autográf leveleiből, melyeket olvasni alkalmam vala, jól ismerek: "A skót Colin 1694 május 29-én azt beszélje nekem, hogy Newton Izsák, a híres matematikus, már 18 hónapja megtévelyodött, a minek oka vagy a túlságos munka, vagy pedig az a fájdalom lehet, hogy látnia kellett, mint pusztítja el a tűz a chemiai laboratoriumát és több fontos kéziratát. Colin hozzátette, hogy eme baleset után Newton a camb-ridge-i érseknél megjelenván, olyanokat beszélt, hogy elméje zavarodottnak látszott, minélfogva barátai őt magukhoz vették s gyógyításához fogtak; szobájában zárva tartották s akarva nem akarva gyógyítószeret kellett bevennie, minek következtében egészségét visszanyerte, elannyira, hogy most már kezdi érteni művét, a Principiumokat." Huyghens, mondja továbbá Van Swinden, erről az esetről Leibniz-ot a rá következő január 8-án keltezett levelével értesítette, mely levélre Leibniz, 23-iki dátummal, így válaszolt: "Nagyon örülök, hogy Newton úrnak nagyon

bántó betegségéről úgy értesülök, hogy egyszersmind felgyógyulását is hallom. Az olyan egyéneknek, a milyenek ő és ön uram, hosszú életet kívánok"

Biot ezt a közleményt a következő megjegyzéssel kíséri: "Úgy látszik, hogy eme részletek után a tény fölött alig lehet kételkedni, vagyis, hogy az a fő, mely annyi éven át értelmének mintegy legszélsőbb határát kijelölni látszó elmélkedésekbe mélyedt el, végtére önmagát zavarta meg, még pedig vagy a rendkívüli erőmegfeszítés, vagy pedig a műveinek megsemmisülése fölött érzet fájdalom miatt; és ebben a két föltevésben bizonyára nincs semmi rendkívüli; valamint azon sem kellene csodálkoznunk, ha a Newton-éihoz hasonló csapások súlya miatt keletkezett érzelmek még hevesebben nyilvánulnának, mert ilyenkor a lélek meg van törve az elviselendő terhek által. De bármi lett légyen is az oka szelleme megzavarosodásának, ez a tény megmagyarázná azt, hogy Newton a Principiumok közzététele óta, mindamellet, hogy még

csak 45 éves volt, a tudományok semmiféle ágában új munkával nem lépett fel, s megelégedett avval, hogy az emez időszak előtt létrehozott műveit ismertesse, s hogy ezek egyes részeit teljesebbekké tegye ott, a hol még valami bővebb kifejtést igényeltek volna".

Könnyen érthető, hogy az angolok, különösen pedig Brewster, a szóban forgó ténynek feltárását nagyon kedvezőtlenül fogadták, annyival is inkább, mivel némelyek Newton-ról azt is állították, hogy theologiai munkái szelleme elhomályosodásának kezdetét jelezték. Brewster nemcsak hogy az utóbbi föltevés ellen kel ki, hanem egyáltalában tagadja, hogy Newton elméje valamikor elhomályosodott volna. Brewster és Newton egyéb tisztelői kimutatni akarván, hogy a híres tudós szellemi tehetségei teljes épségükben maradtak, egypár iratát tették közzé; azonban Biot megjegyezte, hogy ezek, részrehajlatlan bírálat után, épen az ellenkezőről tanúskodnak. A mondottuk iratok között van a következő levél is, me-



lyet Newton 1693 szept. 16-án, barátjához, Locke-hez írt:

"Uram, azt hívéem, hogy ön engem nőekkel vagy más úton-módon akarna összezavarni (embroil me); annyira meg voltam bántva, hogy a mikor nekem azt mondták, ön beteg vagy veszélyben forog, azt válaszoltam, még jobb volna, ha ön meghalt volna. Kívánom, hogy feledje el ezt a nem igen jámbor óhajtást, mert most meg vagyok győződve, hogy ön helyesen cselekedett, s bocsánatot kérek, hogy ön iránt ily szigorú gondolatokkal viseltettem, s hogy önt az Eszmékről írt könyvében felállított egyik elve miatt, melyet ön egy másik műben kifejteni akart, úgy tűntettem föl, mint a ki az erkölcsöket gyökerestül ki akarja irtani, valamint azért is, hogy én önt hob-bistának tartottam. Hasonlóképen bocsánatot kérek azért, hogy azt mondtam vagy gondoltam, hogy nekem egy hívatal adassék el, vagy hogy összezavartassam. Az ön alázatos és szerencsétlen szolgája Newton Izsák."

A híres Locke nagyon meg lehetett lepve, midőn attól a férfiútól, kinek elméleteibe az ő szelme alig tudott behatolni, egyszerre csak ilyen furcsa levelet kapott. Úgy látszik, hogy Locke azonnal átértette Newton helyzetét, mert válaszában, melyet okt. 5-én írt, a lehető legkíméletesebb hangon szólott. Newton pedig ugyancsak okt. 5-én a következő sorokat írta:

"Uram, a múlt télen nagyon gyakran aludván a tűz mellett, végtére alvási szokásaimban rendetlenség állott be, s egy betegség, mely a múlt nyáron járványos volt, ezt a rendetlenséget annyira fokozta, hogy a mikor önnek írtam, már két hete egy óráig sem, és öt napja, hogy egy perczig sem aludtam. Emlékszem, hogy önnek írtam, de arra, hogy könyvéről mit mondtam, épen nem emlékszem. Ha ön levelem eme helyének másolatát velem közölni szíveskednék, azt, ha tudom, meg fogom magyarázni. Vagyok az ön nagyon alázatos szolgája. Newton Izsák. Cambridge, 1693 okt. 5."

Megjegyzendő, hogy ugyanez időtájban (1693 szept. 13-án) Pepys-hez, az admirális titkárához intézett levelében hasonló bajokról panaszkodott.

Mindezeket az adatokat azért idéztük, hogy azt aényt, melynek pusztá fölemlítését is némelyek talán szentségtörésnek tartanák, a maga valóságában föltüntessük, s hogy az olvasó maga is megbírálhassa, vajjon ama tény fölemlítése csökkentheti-e Newton szellemi nagyságáról a műveiből merített fogalmainkat. Ugy hiszszük, hogy fölösleges fáradság, ha valaki valamely lángész nagyságát az által akarja emelni, hogy az illetőt úgy tünteti föl, mint a ki az emberi fogyatkozásoknak épen nincs alávetve. Efféle inszinuációkat a nagy emberek közül senkire sem alkalmaztak oly nagy és kiterjedt mértékben, mint Newton-ra. Azok szerint, kik a történelemírás céljául a rendkívüli jelenségek magasztalását tűzik ki, ugyancsak Newton lett volna az, kiben a dicsvágynak legcsekélyebb nyoma sem volt, a ki a nőket teljes életén át kerülte, a ki a saját szelle-

mének értékéről mit sem tartott, a ki szellemi mozgalmas életének mindegyik fázisában közönyös maradt.

Newton-t az emberi nem dicsőségének nevezték. De micsoda dicsőség háramlik az emberi nemre abból, ha azt a tagját, kiből ama dicsőségnek áradnia kell, minden emberi tulajdonságtól megfosztjuk? Ha az emberi nem büszke lehet Newton-ra, ezt azért teheti, mivel ő is csak ember, még pedig a szónak közönséges s nem természetfölöttivé erőszakolt értelmében vett ember volt.

V. Newton a pénzverő hivatal igazgatója. - A chemia iránti hajlama. - Kitüntetései. - Halála.

Newton még parlamenti tag korában benső baráti viszonyba lépett egyik régi tanítványával, Montague lovaggal, ki később a Royal Society tagjává választatott és Halifax grófjává, továbbá pénzügyi kanczellárrá neveztetett ki. Montague a magas állásában sem feledkezett meg kitűnő barátjáról, Newton-ról, s részint hogy baráti érzüle-

tének kifejezést adjon, részint hogy Newton tehetségeit az állam javára értékesíttesse, hivatalos működését avval kezdé meg, hogy Newton-t a pénzverő ellenőrévé nevezte ki. Ez az állás Newton-ra nézve nemcsak azért volt kedvező, mert 400 font sterl. évi fizetéssel volt egybekötve, hanem még azért is, mert mellette tanári kötelességeinek is eleget tehetett. Azonban Montague barátsága később egy még sokkal jelentékenyebb tényben nyilvánult; ugyanis 1699-ben Newton-t 1200 font sterl. (12000 forint) évi javadalmazással ugyancsak a pénzverő igazgatójává (Master and Worker of the Mint) nevezte ki.

A malicziózus Voltaire eme kinevezést a személyes vonzalmon kívül Halifax grófja egyéb érzelmeinek is tulajdonítja. Ugyanis Newton-nak egyik unokahuga, a már említett Barton ezredesné, szépsége és szelleme által Halifax grófban gyengéd érzelmeket gerjesztett, s Voltaire szerint "Halifax szenvedélye inkább ajánlotta Newton-t a kinevezésre, mint az infinitézimális kalkulus és az általános gravitáció".E szerint Newton pályá-

futására még az asszonyi protekciónak is lett volna befolyása, s ha ez a dolog csak félig-meddig igaz, akkor valóban nem kell csodálkoznunk, hogy a protekciónak a Newton-hoz képest elenyésző egyének értékének megítélésében is bőven kijut a maga szerepe. Különben megjegyezhetjük, hogy Newton-nak említettük unokahuga férje halála után nem Halifax grófhhoz, hanem Conduitt-hez ment férjhez, de annyi bizonyos, hogy Newton halála után Conduitt lett a pénzverő igazgatója s hogy Halifax gróf vagyonának nagy részét Conduittné asszonyra testálta.

Newton ama jól jövedelmező hivatalt elvállalván cambridgei tanszékéről, melyet hosszú időn át páratlan buzgalommal töltött be, lemondott. Utódjául Whiston-t jelölte ki, a ki állomását 1702-ben véglegesen elfoglalta, de mivel a szentháromság tanával nemcsak hogy megbarátkozni nem tudott, hanem még ellene írt is, hivatalát már 1710-ben elvesztette.

Newton új hivatalában kitűnő szolgálatokat tett; különös haszonnal járt a régi ércpénzek beolvasztása és a külföldi pénzeknek az angol pénzekhez viszonyított értékének pontosabb meghatározása. Állomását senki sem tölthette volna be több szakértelemmel, mivel a matematikai ismereteket a kémiaiakkal senki sem egyesítette oly tökéletesen, mint épen ő.

"Úgy látszik, mondja Biot, hogy a kemiát mindig kedvelte, mert gyermekkorától kezdve, midőn még a granthami patikárusnál tartózkodott, egészen cambridgei működéseig mindig foglalkozott vele; világosan kitűnik ez fizikai dolgozataiból, melyek kémiai kísérletekkel és megfigyelésekkel telvék..... A teleszkópra vonatkozó első vizsgálataiból (1672) látjuk, hogy a fémeknek a fémtükrök készítésénél felhasználandó legalkalmasabb keveréke kipuhatolására igen sok kísérletet tett; három évvel később, a vékony lemezek színeire vonatkozó értekezése még változatosabb vizsgálatokról tanuskodik; eme vizsgálataival a különféle szilárd és folyós anyagoknak

egymással való kombinációját s az egyesülésükre és a szétválásukra való törekvésüket fürkészte. Később ugyanezt a tárgyat Optiká-jában, különösen pedig eme bámulatra méltó műnek záradékában, a természeti kérdések között nagyobb mérszésggel és nagyobb nyomatékkal tárgyalta; mert van-e valami merészebb, mint abban a korban azt gyanítani és mondani, hogy a víz gyulékony alkotó részeket tartalmaz? Könnyű megérteni, hogy Newton az e fajta vizsgálatokban és eszméinek fejlesztésében kitartó volt; s valóban, nem tekintve, hogy az oly meglepő, oly változatos és oly titokszerű tünetményeknek, mint a minők a chemiaiak, az ily állhatatos szellemre már önmagukban is természetszerű vonzalmat kellett gyakorolniok, nem kellett volna-e azt még inkább érdekelniök, midőn a fény mozgásában fölfedezvén a molekulák attrakcióját (Biot az emissziós elmélet híve volt) és a kicsiny távolságokban működő erők hatásait, arra indíttatott, hogy hasonló erőkben, melyek csak intenzitásuk fogyatkozásának törvénye szerint változnak, azt



az okot lássa, mely elegendő arra, hogy a chemiát alkotó egyesülési és szétbomlási tüneményeket létesítse. Ebből a magasabb szempontból ama tünemények megfigyelésének mily újnak és mily fontosnak kellett neki látszania!"

Biot szavait itt azért idéztük egész terjedelmükben, mivel Newton-ról, mint chemikusról szólani több alkalmunk nem igen lesz; különben is, chemiai vizsgálatai többi fölfedezéseihez képest oly kicsinyesek, hogy talán senki sem fogja tőlünk rossz néven venni, hit Newton-ra nézve nagyon találó föntebbi szép jellemzés idéztével Newton-nal, a chémikussal, végeztünk.

Newton, bármily lelkiismeretesen töltötte be hivatalát, támadások és vádak alól még sem vonhatta ki magát. William Chaloner a pénzverőnél állítólag elkövetett többrendbeli visszaélésekről a parlamentnek jelentést tett; az eme jelentés alapján elrendelt vizsgálatok után Newton az elene emelt vádak alól teljesen fölmentetett.

Itt még megemlíthetjük, hogy midőn Newton a pénzverő igazgatójává neveztetett ki, az egész Royal Society megtisztelve érezte magát, mert viszont-szolgálat fejében Montague-t a társulat elnökévé választotta.

1699-ben Newton-ra még egy másik kitüntetés is várt: a párisi akadémiának ez időtájban alkotott új szabályzata szerint nyolcz külső (külföldi) tagot kellett választania; ezek egyike Newton lett.

1701 óta a parlamentben a cambridgei egyetemet újlag képviselte, de abban most sem játszott kiváló szerepet. Newton nem született politikusnak. Sőt egy ízben rendkívüli félénkséget árult el, sőt mondhatni, hogy gyermekesen viselte magát; ugyanis 1714-ben a parlament Whiston indítványára egy öttagú bizottságot küldött ki, hogy a geográfiai hosszúságnak a tengeren való meghatározása érdekében törvényjavaslatot dolgozzon ki; Halley, Cotes és Clarke előszóval adták elő tervezetüket, Newton pedig az övét írás-

ban adta be, s a hozzája intézett kérdésekre egy árva szóval sem felelt. Végre Whiston így szólalt föl: "Newton úr kissé tartózkodik véleménye nyilvánításától, de meg vagyok győződve, hogy az a javaslatra nézve kedvező". Erre Newton szót emelt, de csak azért, hogy Whiston szavait szóról-szóra ismételje, mire a javaslat elfogadtatott.

A legnagyobb kitüntetést, mely őt mint tudóst érthette, 1703 nov. 30-án nyerte el: a Royal Society elnökévé választotta. Eme díszes hivatalt haláláig, tehát 25 egymásután következő éven át viselte, mert minden évben újra megválasztatott. Végre 1695-ben Anna királynő a lovag (baronet) címét adományozta neki.

Nyilván való, hogy eme kitüntetések Newton dicsőségét nem fokozták, de társadalmi tekintélye sem szorúlt rájuk, "legfőlebb önszeretetének hízelegtek, a melytől, bármit mondjanak némely biografusok, teljesen ment mégsem vala".

Newton, mióta cambridgei tanszékéről lemondott, felváltva Londonban s az ehhez közel fekvő

Kensingtonban tartózkodott. Nyolczvan éves kora óta különféle testi bajokkal kellett küzdenie; betegségében unokahuga, Katalin, ki férjével nála lakott, gondosan ápolta. 1727-ben még egyszer Londonba utazott, hogy febr. 28-án a Royal Society gyűlésén elnököljön. De ez utazás a hosszú életet élt tudós férfiú egészségére nagyon káros befolyással volt, s még hátralevő napjait tetemesen megrövidítette.

Életének végső szakaszáról Fontenelle, ki a Newton-család több tagjával volt ismerős, s ki nek rendelkezésére Conduitt Newton életére vonatkozó többrendbeli okiratot bocsátott, a következőket írja: "Newton csak életének utolsó húsz napjában szenvedett sokat... A legnagyobb fájdalom közepette, midőn az izzadság cseppekben gördült le arczán, egyszer sem kiáltott s a türelmetlenségnek legcsekélyebb jelét sem nyilvánította és a nyugalom perczeiben rendes kedélyességével mosolygott és beszélgetett. Eddig naponként egy-két órán át írt vagy olvasott; márczius 18-án reggel még az újságokat olvasta, sokáig

beszélgetett Mead híres orvossal, és szellemi tehetségeinek teljes birtokában volt; azonban este felé elveszté eszméletét s többé nem is nyerte vissza, mintha csak arra ítéltetett volna, hogy szellemi tehetségei ne gyöngüljenek, hanem egyszerre veszzenek el".

Newton a következő hétfőn, márcz. 20-án, Kensingtonban, 85 éves korában halt meg. Holttestét Londonba vitték s a westminsteri apátságban nagy pompával temették el; szemfödelének szalagjait a főkanczellár, továbbá Montrose és Roxburgh hercegek mint angol pairek, és Pembroke, Sussex és Macclesfield grófok mint a Royal Society tagjai tartották. A gyászmenetet nagyszámú kitűnőség kísérte; a szertartást a rochesteri püspök fényes segédlettel végezte. A westminsteri dékán és a káptalan megengedte azt, a mit sok főnemes családtól megtagadott, azaz hogy Newton-nak az apátság legkiválóbb helyén emlék állíttassék. Ez az emlék 1731-ben Newton örököseinek (és nem a kincstárnak) költségén állíttatott föl.

Ugyancsak 1731-ben Newton tiszteletére érmet vertek. Az érem egyik oldalán Newton arcképe van s a következő fölirat: Felix qui potuit rerum cognoscere causas. 1755-ben a cambridgei Trinity-college kápolnája előtt Newton márványszobrát állították föl eme fölirattal: Qui genus humanum superavit. Végre 1858 szept. 25-én Granthamban kolosszális bronz-szoborral örökítették meg emlékét.

Newton, ki eléggé szűk anyagi körülmények között született, halálakor, ingatlan birtokát nem tekintve, 32,000 font strl. (320,000 forint) tekintélyes összeget hagyott hátra, a melyen négy unokafivére s ugyanannyi unokanővére osztzott. Ez a vagyon, és az említett kitüntetések, hangosan megczáfolják Brewster-nek azt a vádját, mely szerint mindamellett hogy "egész Európa tömjént hintett", az angol nemzet Newton iránt hálátlan volt. Alaposabb vád illeti a hivatalos Angolországot, mely a Newton-nak felállított emlékekre semmit sem áldozott. Ez a körülmény készthette Arago-t a következő kifakadásra:

"Hangosan kijelentem, mert az igazságot mondom, hogy ama magas kitüntetések, melyeket egy olyan tengeri hős nyert volna el, ki spanyol gályákat zsákmányul ejtett vagy egy idegen várost felgyújtott volna, csak kicsinyes takarékossággal jutottak osztályrészül egy olyan férfiúnak, kinek neve túl fogja élni az egész világ legnagyobb politikai és katonai kitünőségeit".

## VI. Newton jelleme. - Theológiai munkái

A múlt században Newton egyéni jelleméről az általános felfogással meg nem egyező, s hozzá tehetjük, egyoldalú nézetektől eltérőket vallani ép oly veszélyes dolog lett volna, mint az általa felállított elméletek valamelyikét megtámadni. De jelenleg már nem állunk egyéni tekintélyek nyomása alatt, minélfogva Newton jelleméről is szabadabb lélekkel szólhatunk. Newtonnak tudományos jellemzése bizonyára a legfontosabb; műveinek elemzése bennünket meg fog vele ismertetni; most csak személyiségéről és egyéni jelleméről akarunk néhány sorral megemlékezni.

Nem lehet érdektelen, hogy az olyan szellemnek, mint a minő Newton-é volt, takaróját is ismerjük; tehát Fontenelle leírása alapján meg kell említenünk, hogy középtermetű volt s hogy élete utolsó szakaszában kissé elhízott; hogy tekintete éles és átható, arczkifejezése pedig kellemes és megnyerő volt. Középnagyságú feje fehér hajjal volt borítva és sohasem kopaszodott meg; pápaszemet sohasem viselt; egész életén át csak egy fogát veszté el, azonban szemei élete utolsó húsz évében bágyadtakká és fénytelenekké lettek.

Newton a nyugalmat mindennekfölött becsülvén, a vitákat lehetőleg kerülte. Társaságokban nagyon keveset beszélt, s mivel mindig mély gondolatokba volt merülve, gyakran nagyon szórakozott volt, s így az is megesett rajta, hogy fölkelés után az ágya szélén órákig ült s hogy figyelmeltetni kellett, hogy táplálékot vegyen magához. Egy alkalommal, midőn benső barátjával, Stukeley-vel akart ebédelni, az utóbbinak sokáig kellett várakoznia, míg végre Newton dolgozó szobájából kijött. Mivel Stukeley-nek időközben



elfogyott a türelme, egyedül hozzáfogott az evéshez, s az asztalon levő csirkének felét elköltötte s a maradékot egy fémharanggal leborította. Newton csak egy pár óra múlva jött, s azt monda, hogy nagyon éhes. De midőn a harangot fölemelte s a csirkének csak a maradékát látta, így kiáltott föl: "Ah, azt hittem, hogy még nem ebédeltem, de látom, hogy csalódtam!"

Newton nagyon mértékletes, s viseletében nagyon egyszerű volt. Csak londoni tartózkodása idejében volt nagyobb háztartása; ekkor három férfi- és három nőcselédet tartott. Midőn dohánynyal kínálták, mindig visszautasította, mondván, hogy nem akar magának új szükségleteket alkotni. Mondják, hogy nagyon könyörületes és jótékony érzületű volt, de hátrahagyott tetemes vagyonából következtethetjük, hogy jótékony célokra nem sokat költekezhetett. A mi pedig könyörületességét illeti; ez kitűnik a következő leveléből, melyet egy pénzhamisító ügyében lord Townshend államtitkárhoz intézett:

"Mylord! Mitsem tudok Metcalf Edéről, kire a derby-i bíróság előtt rábizonyúlt, hogy pénzt hamisított. De mivel ez nagyon világosan bizonyúlt rá, alázatos véleményem oda irányúl, hogy jobb lesz őt fölakasztatni, mint neki alkalmat adni, hogy újra pénzt hamisítson, s erre a mesterségre másokat is mindeddig tanítson, míg az ismét rábizonyúl. Mert ez a népség ritkán hagyja el a mesterségét s nagyon nehéz kézrekeríteni. Az ő fölsége akarata iránti legmélyebb hódolattal mondom ezt, s maradok, Mylord, méltóságodnak legalázatosabb és legengedelmesebb szolgája Newton Izsák. A Pénzverő Hivatalban, 1724. aug. 25-én."

Newton nem volt nő; Fontenelle szerint talán nem is volt ideje, hogy a nősülésre gondoljon. Általánosan el volt terjedve az a nézet, hogy Newton meghalt a nélkül, hogy valaha nőhöz nyúlt volna, miből némelyek azt következtették, hogy melancholikusnak kellett lennie. Azonban ez az állítás bizonyára túlzott s csak onnét eredhet, hogy némely tisztelője nagyságát ez által is

emelhetni vélte. De nem tekintve ezt, bizonyos körülmények legalább is azt bizonyítják, hogy Newton is csak úgy érzett mint más ember; nevezetesen Stukeley 1727-ben, tehát ugyanabban az évben, melyben Newton meghalt, közhírre tette, hogy egy granthami 82 éves asszony neki bevallotta, hogy Newton fiatal korában iránta vonzalommal viseltetett s valahányszor Woolsthorpeba ment, őt meglátogatta és megajándékozta. A Storay kisasszony iránti vonzalmát már említettük. Sőt azt állították, hogy Newton 60 éves korában lady Norrisnek szerelmes levelet írt. E levél idézése által Newton életének komoly folyásában egy kis pikantériát tüntethetnénk föl, de ezt a kedvező alkalmat már csak azért is elszalasztjuk, mivel Morgan angol matematikus a levél hitelességét alaposan megczáfolta. A levelet Newton nem csak hogy sajátkezűleg nem írta, de még alá sem írta.

Némelyek Newton-t úgy akarták föltüntetni, mint a szerénység netovábbját. Lehet az ő leveleiből és hátrahagyott egyéb irataiból számos he-

lyet idézni, melyek eme föltevést igazolni látszanak; talán legjellemzőbbek a rövid idővel halála előtt írt következő szavai: "Nem tudom, hogy mit tartanak rólam az emberek; én az én részemről olyan gyermekhez hasonlítom magamat, ki a tenger partján játszva, itt is, ott is egy kavicsot, mely simább mint a többi, vagy egy kagylót, mely szebb mint a többi, összeszed, holott az igazság nagy oczeánja szemei előtt teljesen elrejtve marad."Hoefer erre találóan jegyzi meg, hogy ama szavak költői formában egy ókori bölcsnek eszméjét fejezik ki: sokat kell tudnunk, hogy megtudjuk, hogy semmit sem tudunk.Galilei az igazság oczeánjához való viszonyát ugyancsak merészebben jellemezte!

Azonban Newton túlságos szerénysége is csak olyan fikció, mint a jellemére rátukmált egyéb tulajdonságok. Newton az ő érdemeinek teljes öntudatában volt, elannyira, hogy néha a mások érdemeiről ugyancsak kis hangon szólt. A Halley-nek írt egyik levelében a többi között ezeket mondja: "Hooke semmit sem tett s mégis úgy vi-

seli magát, mintha mindent tudna s mintha minden dolognak, kivéve azokat, melyek az észleletnek és számításnak unalmas gondjait igénylik, mélyére hatolt volna."Sokszor pedig óvakodott attól, hogy kellőképpen föltüntesse mindazt, mit Kepler-, Descartes- és Huyghens-nek köszönhetett. Lesz még alkalmunk, hogy a felsőbb kalkulus föltalálásának prioritási vitájáról megemlékezzünk, most csak annyit jegyzünk meg, hogy abban a szerénységnek korlátait a kelleténél túllépte. Flamsteed-hez, a híres csillagászhoz való viszonya sem volt nagyon épületes. Végre, a már többször említett Whiston őt így jellemezte: "Sohasem ismertem olyan félénk, ravasz és gyanakodó jellemet, mint a minő a Newton-é volt, és ha akkor, midőn a Chronológiája ellen írtam, még életben lett volna, nem mertem volna czáfolatomat közzé tenni, mert szokásait ismerve, attól kellett volna tartanom, hogy megöl." Flamsteed az ő emlékirataiban nem sokkal kedvezőbben nyilatkozik Newton-ról. "Nekem mindig úgy tetszett, mondja Flamsteed, hogy Newton csalfa és

dicsvágyó volt, a dicséreteket mohón kereste s az ellenmondásokat csak türelmetlenül viselte el."

Newton félénk magaviseletéről egy ízben már megemlékeztünk. Arago nagyon meg volt lepve, midőn lord Brougham-tól arról értesült, hogy Newton a cévennes-i protestánsok közé akart menni, hogy velük együtt Villars ellen harczoljon, s hogy tervének kivitelét csak egy váratlan körülmény akadályozta meg. "Már hogy is indult volna a félénk Newton a csataterre? Ő, a ki a feldüléstől való félelmében London utczáin is csak úgy mert kocsikázni, hogy karjait kinyújtotta s kezeivel a kocsi ajtajába kapaszkodott."

Newton vallásos érzülete jellemének egyik leghatározottabb vonása volt; a protestantizmus elveihez szívósan ragaszkodott s gyűlölte a "hitetleneket". Halley egy alkalommal a vallásos dolgokról tréfálódzva beszélván előtte, Newton őt azonnal félbeszakította: "Ezeket a dolgokat én jobban átgondoltam mint ön." De vallásos érzülete nem állapodott meg ennek pusztá nyilvánítá-

sában, hanem őt theológiai vizsgálatokra is serkentette; s mivel hátrahagyott theológiai irataiból kitűnik, hogy a szentírással tüzetesen foglalkozott, őt végtére theológusnak is nevezhetjük.

Newton a Dániel könyvét és Szent János apokalypsisét kommentálta. E kommentárok, melyek közül az elsőt Suderman angolból latinra fordította, a Castillon kiadta Opuscula-ban jelentek meg. A Dániel kommentárjának első fejezetében az ó-szövetségi könyvekről szól, a Pentateuchustól kezdve egészen Dánielig. A második fejezetben a prófétai stilust tárgyalja; mindegyik szónak valamely átvitt értelmet tulajdonít, s ily módon egész bibliai szótárt alkot magának, s eme szótár segítségével a harmadik fejezetben Dánielt interpretálja. Hogy a kommentárban a pápai hatalom bukásának nagy szerepe jutott, azon, ha az akkori anglikán egyház külső viszonyait figyelembe vesszük, nem kell csodálkoznunk; Newton a mondott szótár alapján a Dániel könyvéből kisüti, hogy a pápaság K. u. 2060-ban el fogenyészni. Az apokalypsis kommentárjában elő-

ször eme könyv keletkeztének idejét törekszik megállapítani, azután pedig a jelenlegi világ jövőendő elpusztulásáról s egy új világ keletkezéséről értekezik; az új világban az igazság fog uralkodni.

Önként fölmerül az a kérdés, hogy mi készítette a komoly és matematikai szellemű Newton-t arra, hogy ilyes dolgokkal is foglalkozzék? Ez a kérdés számtalan kombinációra adott alkalmat. Némelyek a dolgot egyszerűen Newton vallásos érzületének kifolyásaként tüntették föl, s vannak még jelenleg is olyanok, kik büszkén hivatkoznak Newton-ra, mondván, hogy a valódi tudományosság nem jöhet ellentétbe a szentírással s hogy valódi tudós a tudományok eredményei által nem kaphatja el magát "vallásellenes" kombinációkra, hanem az isteni kinyilatkoztatás előtt alázatosan meghajol. Mások ellenben azt mondják, hogy Newton, ha szelleme meg nem zavarodik vala, ilyesmivel soha sem foglalkozott volna; eme nézetet megerősíteni látszik az a körülmény, hogy Newton Locke-hoz írt egyik levelében azt



mondja, hogy a Dániel kommentárjával 1690 óta kezdett foglalkozni, tehát az egész mű az időleges szellemi zavarának bekövetkezte után való időkbe esik. Hoefer ezektől eltérőleg, s hozzátehetjük, hogy sajátságosan vélekedik a szóban forgó kérdésről, mondván: "Newton, mint minden ember, ki nagy dolgokat mívelt, azt hitte, hogy isteni misszióval van megbízva, s ez a hit megfelelt vallásos hajlamainak, melyek korának haladtával mindinkább megerősödtek ... Az ókor egyik bölcse azt mondá, hogy isten, midőn a világot teremté, geometriát csinált; Newton eme geometriának törvényeit fölfedezvén, miért ne hihette volna, hogy ő az istenség titkaiba be van avatva?"

Nem akarjuk határozottan kétségbe vonni, hogy az imént előterjesztett okok egyikének vagy másikának ne lehessen valami érdeme a dologban; azonban a legvalószínűbbnek az látszik, hogy Newton, midőn a theológiával foglalkozott, csakis kora szellemének hódolt. Theológiai iratai akkor lephetnének meg bennünket, ha ő volna az

egyedüli matematikus, ki a teológiával foglalkozott. Azonban a dolog nem így áll, sőt ellenkezőleg, az ő korában a teológiát a valódi tudományosság kiegészítőjének tartották, s avval az angol matematikusok legnagyobb része foglalkozott, sőt, mint említettük, Barrow a tanszékéről is lemondott, hogy egész idejét és erejét a teológiának szentelhesse. Az angolok jellemében a "bibliai vonást" még napjainkban sem lehet félreismerni.

VII. A Philosophia Naturalis. - Az általános gravitáció.

Úgy hiszszük, hogy az imént előterjesztett életrajzzal feladatunknak annyiban már megfeleltünk, hogy ezután csak Newton szellemi életével kelljen foglalkoznunk.

Newton matematikai-mechanikai munkái a dicsőségének legszilárdabb emlékei. Ezekben látjuk, hogy szelleme miként diadalmaskodott oly kényes feladatokon, melyek bár régi idők óta foglalkoztatták a gondolkodó embereket, megol-

dásukon valamennyi elődjének kísérletei hajótörést szenvedtek. Mindamellett, hogy már sok kész anyag állott rendelkezésére, az általa megfejtett problémák a matematikai lángész és a természet-filozofus összes képességeit abban a mértékben igényelték, a melyben ő benne feltálhatók valának.

Newton főmunkája *Philosophiae naturalis principia mathematica* vagyis "a természetfilozófia matematikai elvei", 1687-ben Londonban a Halley költségén jelent meg. Mivel még bővebben ki fogjuk fejteni, hogy mily körülmények között jelent meg ez a mű, "mely az embernek az ég harmoniáját vala hirdetendő", most rövideden csak azt jegyezzük meg, hogy Newton azon 1685- és 1686-ban dolgozott, s még halála előtt két kiadást ért, nevezetesen 1713-ban Cambridgeben Roger Cotes által és 1726-ban Londonban Pemberton által. Később a mű számos kiadást ért: 1714-ben Amsterdamban, 1746-ban Londonban. A le Sueur és Jacquier kommentáros első kiadása 1739-ben, a második pedig 1750-

ben (Genfben) jelent meg. Francziára du Chastellet marquisnő által fordíttatott (Par. 1759, 2 vols. 4o); a fordítást Clairaut vizsgálta át s Voltaire Előszót írt hozzá. Végre Tessanek kommentáros kiadása 1780-ban Prágában jelent meg. Kivonat kiadások és ismertetések is irattak; ezek között a leghíresebbek: Mac Laurin, An account of Sir J. Newton philosophical discoveries, Lond. 1748. 4o; Pemberton, A view of Sir J. Newtons Philosophy, Lond. 1728. Voltaire, Éléments de la philosophie de Newton mis à la portée de tout le monde, Amsterd. 1738; Paolo Frisi Barnabitaë, De gravitate universali corporum libri III, Mediolani, 1768.

A mű három részre van osztva. Az 1686. máj. 5-én Cambridgeben keltezett Előszóban a szerző kifejti célját, mely abban áll, hogy a skolasztika rejtélyes tanainak mellőzésével a matematikát a természettünemények tanulmányozására alkalmazza. Az egész munkát raczionális mechanikának nevezhetnők, mivel a benne levő új dolgok

mellett a már ismert tények is rendszeres egész-szé dolgozváak föl.

A Bevezetésben a szerző kifejti, hogy a tüne-mények között főszerepet játszik a mozgás. A mozgásnak oka az erő, de az erőnek sem a termé-szetét, sem az eredetét nem ismerjük. A szerző nem is törekszik, hogy ezt az ismeretlen okot für-készsze, mint ezt a régiek tették, hanem csakis az emberi értelem által felfogható hatásaival törő-dik. Ez a körülmény az oka annak, hogy Newton könyve mindjárt megjelenése idejében nem ré-szesült abban a fogadtatásban, melyet megérde-melt volna; mert ama szempont, ha nem is volt egészen új - mivel már Galilei is az erő hatásai-nak törvényeit vizsgálta - mégis, eléggé idegen-szerű volt arra, hogy a tárgyalt elméletek közkin-csekké váljanak. Továbbá a Bevezetés a megkí-vántató definicziókat és a mechanika axiomáit terjeszti elő. Az anyag mennyiségét sűrűségével és térfogatával mérjük; a mozgás mennyisége a sebességtől és az anyag mennyiségétől függ. Szerző azt az erőt, mely a testeket közös közép-

pont felé mozgatja, czentripetális erőnek nevezi; "valamint a mágnesnek kisebb távolságban nagyobb, nagyobb távolságban pedig kisebb a hatása, úgy a czentripetális erő vagy a nehézség (vis gravitans) nagyobb a völgyekben és kisebb a magas hegyek csúcsain, és abban a mértékben, melyben a földgömb felszínétől távoznak, fogyatkozik."

A Bevezetés továbbá magában foglalja azt a három törvényt, melyeket jelenleg is Newton mozgási törvényeinek nevezünk; Newton csak ezt a három egyszerű mozgási törvényt vagy mozgási axiomát (axiomata sive leges motus) ismeri. Bár e törvények nem egészen újak, mégis, részint új formulázásuk, részint pedig Newtonnak sajátos felfogása által kiváló fontosságúak.

Az első törvény a tehetetlenség törvénye, melyet Kepler részben, Galilei és Hooke pedig általánosságban állítottak föl. Newton szerint a tehetetlenséget a testekben levő erő, a tehetetlenségi erő eredményezi; emez erőnél fogva a testek el-

lenállásokat fejtenek ki, vagy ellenállásokat győznek le, a szerint, a mint nyugvásban vannak vagy mozognak. Mindamellett, hogy a tehetetlenséget és a tehetetlenségi erőt különböző dolgoknak tartotta, az utóbbi alatt csak azt a reakziót (ellenállást) értette, mely föllép, ha valamely külső erő a nyugvási, illetőleg a mozgási állapotot megváltoztatni törekszik.

A második törvény azt mondja, hogy minden mozgásváltozás arányos avval az erővel, mely azt létrehozta. Ezt a törvényt már Galilei is ismerte; az erő nagyságát az erő által az időegységben létrehozott sebességgel mérte. Csakhogy Galilei-nek állandó erővel volt dolga, azaz tulajdonképen az erő változásait figyelembe nem vette, de Newton-nál a tétel már arra az esetre is kiterjed, a mikor az erők változnak. A Bevezetésben a Galilei fölfogása még meg van ugyan tartva, de az I. könyv 10-ik segítő tétele azt fejezi ki, hogy valamely erő, ha nem is volna állandó, kezdetben úgy hat, hogy a megindított test leírta utak az idő négyzetével arányosak, mely tételnek

igazsága abban rejlik, hogy bizonyos időpontban, vagy helyesebben, bizonyos korlátlanúl kicsiny időközben az erő, mely csak folytonosan változható nagyság lehet, állandónak tekinthető, tehát amaz időközben a Galilei törvénye szerint hat. Mivel Galilei csak az állandó erőt vette figyelembe, az erő a létrehozott sebesség által meg is volt határozva, de Newton tekintettel lévén az erőnek az egymásra ható tömegek távolságaitól függő változásaira: "ugyanazon anyagmennyiségnek súlyai a helyzet változásai szerint összehasonlíthatók valának, s a súlynak a földi közönséges nehézségre való tekintet által korlátozott fogalma Newton kezei között a tömeg és a mindenkori erőfaktor (gyorsulás) mértéke szerint megállapítható általános érvényű fogalommá bővült ki."

A harmadik mozgási törvény szerint minden hatás egyenlő, de ellenkező ellenhatást szül; az akció egyenlő a reakcióval. Ez a törvény az egyensúly esetére világos, s mintegy magától értetődik; a nyugvó test gyakorolta nyomás vagy



húzás, épen azért, mert a test nyugszik, egyenlő az ellenkező nyomással vagy húzással. Ellenben a mozgó test gyakorolta hatás a test tömegétől és a sebességétől, azaz a mozgás mennyiségétől függ, az ellenhatás tehát egyenlő, de ellenkező mozgásmennyiség.

Newton az ő elvét ebben az értelemben nem csupán a nyomás, húzás, ütközés, vagy egyáltalában a földi erőhatásokra alkalmazta, hanem kiterjesztette a gravitáció kozmikus hatásaira is. Ha valamely test a földre esik, akkor a föld is esik ugyanarra a testre; de mivel a föld nehézségi ereje gyakorolta hatás akkora mint az ellenhatás, a föld mozgásmennyisége is éppen akkora mint az illető testé, tehát a föld az illető test felé annyszorta lassabban fog mozogni, a hányszorta a tömege nagyobb mint az illető test tömege.

Newton maga is megjegyzi, hogy eme mozgási törvényeket, az erők összetételét és szétbontását tárgyaló két korollariummal együtt, mindegyik mechanikus elfogadta. A két elsővel Gali-

lei levezette az esésnek és a hajított testek mozgásának törvényeit; a harmadikkal levezettettek az ütközés törvényei. De Newton egyik elődje sem fogta föl a törvények érvényességét oly általánosan mint ő.

A Bevezetés után következik a tulajdonképeni mű. Szerző az első könyv első fejezetében előterjeszti azt a geometriai módszert, melyet problémái megfejtésénél alkalmazott. Ez a módszer a szinthézises volt, mivel az analízises fejtegetéseket, bár ezekre őt a fluxió-kalkulus képesítette, szándékosan kerülte. Azonban a 2-ik könyv második segítőtételeiben a fluxió-kalkulus elveit is röviden kifejti, sőt általában mondhatjuk, hogy a felsőbb kalkulus elveit még sem kerülhette el egészen, mivel az első könyvben előadott geometriai módszer tulajdonképen az összegek és hányadosok első és utolsó viszonyairól, azaz a határértékekről szól, csak hogy Newton a mennyiségeket geometriai, tehát szemlélhető típusra vezette vissza, a mi azonban a dolog lényegén mit sem változtat.

Newton evvel a matematikai módszerrel a könnyebb föladatokról a nehezebbekre átmenve, végre az égi testek mozgásának törvényeit tár- gyalja. Ugyanis egészen szigorúan bebizonyítja, hogy az az erő, mely kényszeríti a testeket, hogy ellipszisben, parabolában vagy hiperbolában, te- hát általában valamely kúpszeletben mozogja- nak, a távolság négyzetével fordított viszonyban hat, föltéve, hogy az erő székhelye a kúpszelet egyik gyújtópontjában van. Fordítva, azt is kimu- tatja, hogy minden mozgó testnek, mely egy, a távolság négyzetével fordított viszonyban műkö- dő erő hatásának van alávetve, szükségképen a kúpszeletek valamelyikében kell mozognia; kivé- ve azt az esetet, midőn a test kezdeti sebességé- vel az erő székhelye felé tart, vagy ettől eltávo- zik. Hogy a három kúpszelet közül melyik lesz a test pályája, ez az illető test kezdeti sebességétől függ. Végre kimutatja, hogy Kepler törvényei nem egyebek mint a gravitáció általános törvé- nyének következményei; annak a törvénynek, mely szerint a testeknek egymásra gyakorolt

vonzó hatása tömegeikkel egyenes, a távolságuk négyzetével pedig fordított viszonyban van.

A mű harmadik könyve (De mundi systemate) a világrendszeréről szól. Tulajdonképeni tárgyát a következő három szabály - regulae philosophandi - előzi meg: "a természeti tűnemények okai gyanánt csak azokat az okokat kell elfogadnunk, melyek igazak s a tűnemények kimagyarázására elegendők; ugyanazon okok ugyanazokat az eredményeket hozzák létre; végre, a testek ama tulajdonságai, melyeket kísérletek által sem nem öregbíthetünk, sem pedig nem kisebbíthetünk, általános tulajdonságoknak tekintendők."

### VIII. A gravitáció elmélete Newtonnál.

Newton főmunkájának az imént előterjesztett ismertetésében tulajdonképen csak a "bevezetés"-re terjeszkedtünk ki bővebben, minélfogva még azt kell előtűntetnünk, hogy miképen fejlődött a gravitáció elmélete Newton kezei között.

Az általános gravitáció eszméje, melyet a közfelfogás Newton-nak tulajdonít, mint már

több helyütt említettük, már Newton előtt is egyes tekintélyes képviselőkre talált; elég lesz, ha Kopernikus-t, Kepler-t, Borelli-t és Hooke-ot említjük.

Nagyon csalódnánk, ha azt hinnők, hogy a gravitáció eszméje, bármily kezdetleges alakjában is, csak egy bizonyos szellem szülötte volna. Mint minden nagy eszme, úgy ez is a fejlődésnek legkezdetlegesebb fokától kezdve számtalan fázison ment át, míg végre Newton szellemi műhelyéből mint befejezett mű került ki.

Bár nem tartozunk az ókornak ama szenvedélyes és egyoldalú barátai közé, kik minden új dolognak első nyomait az ókor homályában fürkészik, mégis, - még ha tényleges bizonyítékaink nem volnának is - be kell ismernünk, hogy a szóban forgó eszme első csíráit ott kell hogy keressük, a hol az ember a tünemények okai fölött egyáltalában gondolkodni kezdett. A hol a testek bizonyos középpont körül keringenek, tehát középpont felé törekesznek, ott közel fekszik az a

gondolat is, hogy ama mozgásoknak a középponttal bizonyos okozatos összefüggésben kell lenniök; a kik tehát az égitestek keringését észlelték, azoknak a keringés okainak kutatásában is, hogy úgy mondjuk, a középpont felé kellett közeledniök.

A pythagoréus Timaeus (K. e. 400 körül) a csillagok mozgását két erő: hajító és vonzó erő hatásának tulajdonította; szerinte a két erő szám-tani viszonyban van egymáshoz. Midőn Anaxagoras-t (K. e. 500 körül) kérdezték, hogy mi ok-nál fogva maradnak meg a csillagok pályáikban, azt felelte, hogy azokat erre a sebességük kényszeríti. Plutarch a Holdat a parittyában levő köhöz hasonlítja; e köre két erő hat; a lódítás ereje a követ az érintő irányában tova röpítené, ha az a kar, mely a parittyát lódítja, vissza nem tartaná; akar képviseli a második erőt, mely az elsővel kombinálva a követ kényszeríti, hogy körben mozogjon. Plutarch szerint nem azon kellene csodálkoznunk, hogy a Hold, mely a mozgás által tovaragadtatik, a Földre nem esik le, hanem

inkább az volna a meglepő, ha a Hold nyugvás-ban volna s még sem esnék le.

Lehetne még több ilyen író felhozni, kik a gravitáció eszméjét több-kevesebb határozottsággal fejezték ki, de már a mondottakból is látjuk, hogy az eszme az ősi időktől fogva fejlődött. Azonban a régiek kifejezte gondolatok, melyek persze jelenleg, mikor a dologgal már tisztában vagyunk, nagyon világosaknak és határozottaknak látszanak, az ő felfogásukban még nagyon homályosak lehettek. Hogy is lehetett volna tiszta fogalmuk egyik égi testnek a másakra való eséséről, mikor még a Föld fölületén végbemenő esési tüneteményeket figyelemre nem méltó dolognak tekintették, pedig csak Galilei-nek sikerült eme tünetemény természetébe behatolnia. A gravitáció eszméje csak a Galilei utáni korban öltethetett konkrétebb alakot. Kopernikus nézetei egészen, Kepler-éi pedig részben a Galilei előtti időszakba esnek. Kepler, a ki éppen azokat a törvényeket találta föl, melyek a gravitáció elméletét lehetségessé tették, Galilei dinamikai vívmányai-

ról úgyszólván semmit sem tudott, s mikor már azon volt, hogy a dolog lényegét feltalálja, a tehetetlenség törvényének nem ismerése, illetőleg hiányos ismerése folytán a feladatot egészen elejtette. Kepler esetéből világosan kitűnik, hogy Galilei dinamikai vizsgálatai mily befolyást valának gyakorlandók egy oly problémára, melylyel különben maga Galilei nem törődött.

A Galilei utáni időben az eszme mindinkább közeledett a megtestesüléshez. Borelli a jupiterholdak mozgásának magyarázatát kiterjesztette a bolygók mozgására, Hooke pedig már annyira ment, hogy csupán csak azt a törvényt kellett volna felállítania, a mely szerint a vonzó erő a távolság növekedtével fogy, s ki kellett volna mutatnia, hogy a földi nehézség azonos az általános gravitációval. Azonban a fogyatkozás törvényét, mint ezt Newton maga is beismeri, már Ismael Bouillaud (latinosítva Bulliarius vagy Bullialdus, 1605-1694) az *Astronomia Philolaica* Par. 1645. című művében kifejezte volt. Ha most még figyelembe vesszük, hogy Huyghens levezette



vala a centrifugális erő törvényeit, s hogy ezeket csak Kepler harmadik törvényével kellett volna kombinálnia, hogy a vonzás törvényét matematikailag levezesse: önként fölmerül az a kérdés, hogy hát tulajdonképen miben áll a Newton érdeme?

A Newton érdeme abban áll, hogy megtalálta azt, ami elődei előtt még ismeretlen volt; kimutatta, hogy az az erő, melynél fogva az elejtett kő a Földre esik, azonos avval az erővel, melynél fogva a Hold a Föld körül kering. Mondhatjuk tehát, hogy Newton a gravitácziót nem annyira feltalálta, mint inkább bebizonyította. És ha mégis őt tekintjük az elmélet tulajdonképeni megalapítójának, ezt azért tesszük, mert csak az ő matematikai szellemének sikerült a Kepler törvényeiből a gravitáczióét és fordítva, matematikai szigorúsággal levezetnie. Ehhez járul még, hogy Newton a gravitáczió eszméjét egészen tisztán fogta föl, mert a tömegek mindegyik részét gravitálónak képzelte, holott elődei a vonzalom székhelyét csupán csak az égi testek középpont-

jába tették; Newton továbbá a gravitáció általánosságát, az égi testeknek egymásra gyakorolt kölcsönös vonzalmát egészen szabatosan ismerte föl. Végre fölismerte, hogy a gravitáció nem csak az égi testek keringő mozgásának, hanem sok más kozmikus tüneménynek is az oka, s e tüneményeket a gravitációval megmagyarázta.

Lássuk már most, hogy miként bizonyította be Newton a földi nehézség és a gravitáció azonoságát.

A vízszintes irányban kilőtt ágyúgolyó csakhamar eltér a vízszintes iránytól s bizonyos távolságban a földre esik. Mármost, föltéve, hogy az ágyút a Hold távolságában állíthatnók föl, vajjon a kilőtt golyó nem mozogna-e a Föld körül épen úgy mint a Hold? Nem tekinthetjük-e magát a Holdat egy kilőtt golyónak, mely azért nem távozhatik el a Földtől s azért kénytelen körülötte keringeni, mert a Föld nehézségi ereje által erre kényszerítettetik? Ha erre a kérdésre igenlőleg fe-

lehetnénk, a Hold földkörüli keringésének oka is ki volna derítve.

Ez volt értelve a Newton által megfejtett feladatnak, melyben a Hold ugyanolyan fontos szerepet játszott, mint a Mars a bolygók mozgása törvényeinek feltalálásában. Ha a Hold bizonyos időponttól kezdve egyenes vonalban mozogna tovább, 1 percz alatt bizonyos utat írna le, mely út a Hold sebességéből kiszámítható, a Hold tehát 1 percz múlva a térnek bizonyos pontjába érkezne meg. De a Hold a valóságban a körtől nagyon kevéssé eltérő görbe vonalban mozog (Newton a pályát eleintén valóban körnek vette), tehát 1 percz múlva a térnek egy másik pontjában lesz. Eme két pont közötti távolság lesz tehát az az út, a melyen át a Hold a Föld középpontja felé esett. Newton ezt az utat egyszerű számítások segítségével 13  $\frac{1}{3}$  lábnyinak találta. Már most ugyanekkora-e ez az út, ha fölteszszük, hogy a Hold a Föld nehézsége folytán esett? Az akkori mérések szerint a gyorsulás 31 láb, tehát az első másodperczben befutott út 15  $\frac{1}{2}$  láb, s az első

perczen befutott út  $15 \frac{1}{2} \times 602$  láb volt. Ennek az útnak a gravitáció törvénye szerint úgy kell viszonylani a Hold esése által leírt úthoz, mint a Föld és a Hold közötti távolság négyzetének a földsugár négyzetéhez, s ha ebből az arányból a Hold esését kiszámítjuk, akkor, föltéve, hogy a gravitáció törvénye helyes, ismét csak  $13 \frac{1}{3}$  lábnak kell kijönni, s az eredmények egyenlősége által a nehézségi erőnek a gravitációval való azonossága már ki volna mutatva. Azonban a Newton várakozása nem teljesült be, mert  $13 \frac{1}{3}$  lábnyi út helyett  $15 \frac{1}{2}$  lábnyit, tehát az előbbénitől tetemesen eltérőt kapott.

Mi volt az oka emez eltérésnek? Newton-nak számításainál két adatot kellett pontosan ismer-nie: először a Hold sebességét, tehát a keringése idejét is, másodszor pedig a Földnek a Holdtól való távolságát. A Hold siderikus keringése ide-jét eléggé pontosan ismerte, távolságát pedig a földsugár hatvanszorosának vette. Ez az utóbbi fölvétel is elég pontos volt, csakhogy a földsugár nagyságát Norwood-nak nagyon is hibás fokmé-

résének eredményeiből számította ki; úgy látszik, hogy Snell eredményeit nem ismerte. Newton a helyett, hogy a kapott helytelen eredményt az adatok hibás voltának tulajdonította volna, azt gondolta, hogy a Hold mozgásában a gravitációnak talán csak mellékes szerepe van, s a mozgás okát inkább a Descartes-féle örvényeknek tulajdonította. De mivel ez a kavargó mozgás matematikailag tárgyalható nem volt, Newton az egész kérdést egyelőre elejtette.

Ez 1666-ban történt, s Newton ez időtől számítva 13 éven át az egész elméletet tovább nem vitte, bár föltehető, hogy a kérdés fölött folytonosan gondolkodott. Ebben az időközben újra optikai vizsgálatokkal foglalkozott s csak 1679-ben vette elő újra az ég mechanikájára vonatkozó vizsgálatait, s 1683-ban, tehát az első sikertelen számítás után 17 év múlva nyújtotta be a Royal Societynek új számításainak teljesen összevágó eredményeit.

Lássuk, hogy mily körülmények működtek közre, hogy Newton félbeszakított munkáját ismét fölvette.

1678-ban a Royal Society megbízta Newton-t, hogy egy asztronómiai műről véleményes jelentést tegyen. Newton az 1679. november 28-án Hooke-hoz, a Roy. Soc. titkárához írt levelében kifejezte a kért véleményt s egyszersmind megjegyezte, hogy a Föld forgása direkt kísérletek által bebizonyítható volna. Tycho és hívei ugyanis abban a nézetben voltak, hogy ha a Föld tengelye körül mozoghat, akkor egy toronyról leejtett kő nem eshetnék a torony talpához, hanem ettől nyugatra elmaradna. Newton éppen az ellenkezőt állította: a Föld nyugatról keletre forogván, a torony tetején levő kő nagyobb ívet ír le mint a talpánál levő, tehát sebesebben is forog s ezt a nagyobb sebességet tehetetlenségénél fogva esés közben is megtartván, kelet felé kell eltérnie s esés közben spirálist kell leírnia. Newton nézete a Roy. Soc. tagjainak nagyon megtetszett, s a kísérlet kivitelével Hooke-ot bízták meg. Hooke,

még mielőtt a kísérletet végrehajtotta volna, a kérdést elméleti szempontból vizsgálta, s arra az eredményre jött, hogy a kőnek nem csak kelet felé, hanem kissé dél felé is el kell térnie, továbbá, hogy ha a Föld vonzó ereje a távolság négyzetével fogy, akkor a kőnek légüres térben ellipszist kell leírnia. Hooke-nak az utóbbi megjegyzése volt az, a mi Newton-t arra készítette, hogy a gravitáció elméletét újra fölvegye; Newton ezt az 1686-ban Halley-hez írt levelében maga is bevallotta.

Hooke 1679. decz. 10-én jelentést tett a Royal Soc.-nek, hogy a kísérletet végrehajtotta. Azonban a Hooke kísérletei, mivel a kő csak 27 lábnyi magasságon át esett, döntőknek alig tekinthetők, bár Hooke azt állította, hogy a kő nem csak keletre, hanem a mint az ő elmélete megkívánta, kissé délre is eltért.

Newton a Hooke említettük elméleti fejtegetései által buzdíttatva, elmélkedései fonalát újra fölvette, s azt a fontos törvényt találta föl, hogy

valamely bolygó, melyre a távolság négyzetével fordított viszonyban működő erő hat, ellipszist ír le. Newton már most meg volt győződve, hogy a bolygók napkörüli keringésének okát feltalálta, de természeténél fogva félénk és óvatos lévén, a tapasztalás által be nem igazolt törvényt nem merte a nyilvánosság elé vinni. Azonban egy szerencsés véletlen úgy hozta magával, hogy a már régóta befejezésre váró elmélet utolsó hiánya is eltűnjék. Newton ugyanis 1682 június havában a Royal Society gyűlésére ment. Mivel a tagok teljes számmal még nem voltak együtt, a jelenlevők különböző dolgokról, többi között a Picard-féle fokmérésről is beszélgettek. Ez a tárgy Newton figyelmét azonnal magára vonta. A tagok egyike egy levelet mutatott, melyben Picard eredményei le valának írva. Newton ezeket följegyzé, s a gyűlés tárgyalásai iránt egészen közönyös maradt. A mint haza tért, rögtön hozzáfogott az 1666-ban sikertelenül végrehajtott számítások megújításához; a Föld sugarát már most a Picard mérései alapján hozta számításba. De alig hogy a



számítást megkezdé, észrevette, hogy az eredmények teljes összhangzásban lesznek. Valami különös érzelem fogta el őt: a világ harmóniája egyszerre föltűnt előtte, szemei kápráztak s oly idegessé lett, hogy számításait csak pár nap múlva fejezhette be. Mások szerint a számításokat maga nem is bírta végrehajtani, s erre barátjait kérte föl.

Newton az eldöntő eredményt eleinte csak bárátaival közölte, s a bizonyítások elhagyásával csak 1683-ban terjesztette a Royal Society elé.

Most minden készen volt arra, hogy Newton fényes fölfedezését rendszeresen kidolgozott műben a tudományos világ színe elé terjeszsze. Azonban e fontos dolognak egyéb, s most már Newton-on kívül fekvő okok miatt új halasztást kellett szenvednie. Ugyanis Newton-nal egyidejűleg Wren és Halley is foglalkoztak a bolygók mozgásának törvényeivel. Az előbbeni eme törvényeket valami oldalagos lökéstől s a Nap felé tartó esésből akarta levezetni, de számításai ered-

ménytelenek maradtak; az utóbbi a centrifugális erő törvényeiből s Kepler harmadik törvényéből a vonzó erő fogyatozásának törvényét találta föl. E két tudós a dologról egy alkalommal Hooke előtt beszélván, ez utóbbi azt állította, hogy a bolygók mozgásának valamennyi törvényét levezette, s hogy számításaiban csakis a vonzó erő fogyatozásának törvényére támaszkodott. Wren és Halley fölkérték Hooke-ot, mutatná meg nekik számításait, melyekre annyival is inkább kíváncsiak voltak, mivel minden fáradságuk, hogy a feladatot teljesen megfejtsék, eredménytelen maradt. Azonban Hooke egyáltalában nem volt hajlandó, hogy a kérelemnek engedjen, pedig mind a ketten ajándék fejében értékes könyvet ígértek neki.

Halley ezután Newton-hoz fordult, s kérte őt, közölné vele számításait. Newton szívesen engedett, sőt 1686. ápr. havában a Philosophiae naturalis-t kéziratban Hoskins-nek, a Royal Society alelnökének avval a kérelemmel küldötte meg,

hogy azt a társaság elé terjessze, ami ápr. 28-án meg is történt.

Vincent, ki Newton kéziratát a gyűlés előtt magasztaló szavak kíséretében ismertette, beszédét avval fejezte be, hogy Newton a gravitáció elméletét oly magas fokra emelte, hogy azt immár teljesen befejezettnek lehet tekinteni.

A gyűlésen Hooke is jelen volt. Vincent-nek magasztaló beszéde irigységét és féltékenységet annyira felköltötte, hogy prioritása érdekében azonnal fölszólalt s heves szavakban kijelenté, hogy Newton eszméit tőle vette, sőt azt is állította, hogy a szóban forgó tárgyról Hoskins alelnökkel egyetmást már régebben közölt. Azonban Hoskins kijelenté, hogy efféle közleményekre nem emlékszik.

Hogy Hooke a vonzó erő fogatkozásának törvényét időközben feltalálta, ezt tőle alig lehet elvitatni, azonban ugyanezt ő kivüle mások is feltalálták. Newton tulajdonképeni érdeme, mint már említettük, nem ennek a törvénynek felállítá-

sában, hanem a gravitáció bebizonyításában áll, s épen ez oknál fogva Hooke támadásai méltatlannak valának. Newton a gyűlésben történekről értesülván, Halley-hez 1686. jun. 20-án szenvedélyes hangon levelet intézett, s e levélben nem csak hogy Hooke vádjait visszautasította, hanem Hooke-ot még szellemi tolvajlással is vádolta, mert kijelenté, hogy 1672. jan. 14-én találmányát Huyghens-el levélben közölte s a levelet az akkori titkárnak, Oldenbourg-nak, expediczió végett átadta. Oldenbourg a neki átadott leveleket lemásolta, s csak a másolatokat küldött, az eredetieket megtartotta. Mivel pedig Oldenbourg-nak irományai Hooke kezeibe kerültek, valószínű, hogy levelét Hooke elolvasta, s ily módon a találmányt eltulajdonította.

Newton-nak ez a kemény vádja épen oly alaptalan volt, mint a Hooke-é, ki azonban korántsem volt olyan fekete, mint a minőnek őt Newton tisztelői festeni jónak látták. Úgy látszik, hogy Newton meg is bánta hevesességét, mert Halleynek írt második levelében a Hooke ellen felho-

zott vád miatt sajnálatát fejezte ki, s egyszersmind előadta mindazokat az eszméket, melyeket Hooke ismertetett meg vele; különben pedig a vita eldöntését a Royal Societyre bízta.

A Royal Society Hooke vádjaival nem sokat törődött és Newton-nak becses kéziratáért köszönetét kifejezván, a kinyomtatást elhatározta. Newton eleintén csak az első két könyv kiadását (De motu corporum libri duo cím alatt) óhajtotta. A harmadik könyvet csak Halley-nek kívánságára csatolta az előbbeni kettőhöz, s így esett meg, hogy az egész mű Philosophiae naturalis Principia mathematica cím alatt jelent meg.

IX. Az ég mechanikájára vonatkozó egyéb problémák. - A Philosophia naturalis sorsa.

- Newton filozófiai felfogása a gravitációról.

A gravitáció törvénye Newton kezei között számos igen fontos feladat megfejtésének kulcsa volt. A Philosophiae naturalis-ban előadott elméletek a gravitáció eszméjében gyökereznek; új elveket már nem kellett felállítani, mert az egyes

feladatoknak a gravitáció szempontjából való helyes felfogása után a többi már csak a matematikai tárgyalás dolga volt. S Newton matematikai szellemének épen itt nyílt a legtöbb alkalma arra, hogy a tudományt fényes eredményekkel gazdagítsa, vagy az ilyeneknek legalább is útját egyengesse. Nagyon messzire kellene mennünk, ha a Newton tárgyalta kérdéseket tüzetesen ismertetni akarnók; meg kell elégednünk avval, hogy a nevezetesebbeket soroljuk föl, mi annyival is inkább elegendő lesz, mivel, mint említettük, mechanikai új elvek tekintetbe nem jönnek.

Newton bebizonyította, hogy a Föld belsejében e nehézség a távolsággal egyszerű fordított viszonyban fogyatozik; továbbá, hogy egy egyenletes sűrűségű kivájt gömbnek részei által egy a belsejében levő pontra gyakorolt hatásoknak eredője zérus. Ebből azt következtette, hogy az álló csillagoknak a naprendszerünkre gyakorolt, s nagy távolságaiknál fogva amúgy is gyöngye hatásai egymást lerontják. Newton e mellett föltette,

hogy az álló csillagok egyenletesen vannak szétosztva, a mi azonban a valóságnak nem felel meg. Ugyancsak a gravitáció törvényével kiszámíthatta, hogy mekkora a gyorsulás a Napon, a Holdon, a Jupiteren stb. bolygókon.

A Jupiter föltűnő lapultsága Newton-t a Föld alakjának meghatározására vezette. Cassini és Flamsteed (a greenwichi első csillagvizsgáló) konstatálták, hogy a Jupiter forgási tengelye föltűnően kurtább, mint egyenlítőjének átmérője. Newton eme tény által indítatva, meghatározta, hogy a Föld forgása eredményezte centrifugális erő az egyenlítőnél a nehézségi erő  $1/289$  részét teszi, továbbá következtette, hogy a Föld valóságos alakja forgási szferoid. Hogy Newton támaszkodott-e Huyghens-nek a centrifugális erőre vonatkozó, már 1673-ban a *Horologium oscillatorium*-ban közzétett vizsgálataira, azt eldönteni nem lehet, annyi bizonyos, hogy a centrifugális erő törvényeit ismernie kellett, mivel ezek nélkül a feladatot meg nem fejthette volna.

A Föld alakjának meghatározása, egy másik fényes fölfedezést vont maga után. Newton fölismerte az aequinoctiális pontok hátrálásának okát. Maga a tűnemény már régóta ismeretes volt. Hipparchus, az ókor legjelesebb csillagászainak egyike, K. e. 128-ban az álló csillagok hosszúságait meghatározván, ezeket két fokkal nagyobbaknak találta, mint a mekkorának Timocharis és Aristyll K. e. 294-ben találták; a különbség még föltünőbb volt, midőn mérései eredményeit Eudoxus-nak még régibb észleleteivel hasonlította össze. Úgy látszott tehát, mintha az álló csillagok az aequinoctiális ponttól, azaz attól a ponttól melyben az ekliptika s az aequator egymást metszik, s a melytől a hosszúságok számíttatnak, eltávoznának, illetőleg előre haladnának. Hipparchus kiszámította, hogy abban az esetben, ha az álló csillagok a megállapított mértékben folytonosan előre mennek, 25,700 év alatt az ekliptika sarkai körül egy teljes forgást fognak végezni; s ezt az időszakot plátói világesztendőnek nevezte. Kopernikus volt az első, a ki fölismerte, hogy az



álló csillagok mozgása csak látszólagos és onnét ered, mivel az egyenlítő síkja lassan változik, minél fogva az aequinoctiális pont hátrál; miért is az utána következő csillagászok a tűneményt az aequinoctiális pontok hátrálásának nevezték, de okát egyáltalában nem ismertek. Newton azonban kimutatta, hogy a tűnemény szükségképeni következménye a Föld lapultságának: a Föld egyenlítőjén felhalmozott tömegre a Nap és Hold által gyakorolt vonzás miatt az egyenlítő lassan hátrafelé mozog.

Ugyancsak a Föld alakjának meghatározása őt egy második, a Holdra vonatkozó fölfedezésre vezette. Newton kimutatta, hogy a szferoid-alakú Földnek a Holdra gyakorolt vonzása következtében a holdpálya csomópontjai (azok a pontok, melyekben a holdpálya a földpálya síkját metszi) hátrálnak; továbbá, hogy a Napnak a Holdra gyakorolt vonzása miatt a Hold keringő mozgása az egyes negyedekben hol meggyorsúl, hol meglassul. Ez az a tűnemény, melyet variáció-nak nevezünk, s melyet Tycho fedezett föl, bár az újabb

vizsgálatokból kitűnt, hogy Abulwefa arab csillagász a tűneményt 970 és 980 között szintén fölismerete.

Newton eme fölfedezéseivel alapját vetette a holdmozgás elméletének, mely a csillagászat egyik legkényesebb feladata, s melyet csak d'Alembert, Euler és Laplace fejtettek meg teljesen. De ennek a feladatnak nem csupán elméleti, hanem igen nagy gyakorlati fontossága is van, mert a hosszúságok meghatározására a nyílt tengeren a legalkalmasabb módszert szolgáltatta.

Newton az üstökösöket, melyeknek kóborló járása a csillagászoknak annyi bajt okozott, alávetette a gravitáció törvényének, kimutatván, hogy pályájuk szintén kúpszelet, továbbá egy módszert állított föl, mely szerint három észleletből az üstökös pályája kiszámítható.

Az apály és dagály tűneményének okait szintén az általános gravitációra vezette vissza. Hogy a Holdnak eme tűneményekre befolyása van, azt már a többi között Kepler is gyanította, de elfo-

gadható elméletet Newton állított föl először. Föltéven, hogy a Föld teljesen be van borítva vízzel, kimutatta, hogy e víztömeg a Nap attrakciója folytán ellipszoid alakot vesz föl, úgy, hogy az ellipszoid nagy tengelye a Nap felé irányul; hasonló alakot eredményez a Hold, melynek nagyobb hatása miatt a víztömeg még inkább kidudorodik; a két égitestnek a helyzeteiktől függő egyesült hatásától erednek az apály és a dagály tünetényei.

Newton és Huyghens figyelembe vették a hegyek által az ingákra gyakorolt vonzást; az előbeni átlátta, hogy ezen az úton a Föld tömege meghatározható volna, de tervét csak 1774 óta hajtották végre. A nagyszámú kísérletek közül kitűnik Maskelyne-é, a ki Skótságban a Shehallien nevű hegy mellett hajta végre kísérletét a Föld vízhez viszonyított közép sűrűségét 5-nek találta. A Föld sűrűségét később más-más módszerekkel sokkal pontosabban határozták meg, de mindegyik módszer a Newton törvényén alapszik.

Végre Newton vizsgálatai kiterjedtek a bolygók háborgásaira. A bolygók ellipszisben mozognak, ha a Nap attrakcióján kívül más égitest rájuk nem hat. Azonban a gravitáció általánoságánál fogva mindegyik bolygóra a többi égitest is gyakorol hatást, minélfogva a bolygóknak nagyon tekervényes úton kellene haladniuk. Csakhogy az álló csillagok hatása rendkívüli nagy távolságuknál fogva elenyészik, a Naphoz képest elenyészőleg kicsiny tömegű bolygók hatása pedig csak a legközelebbi bolygó hatásaira szorítkozik. Eme föltételek nélkül a háborgások kiszámítása legyőzhetetlen nehézségekbe ütköznék, így azonban csak három testnek, azaz a Napnak és a két bolygónak egymásra gyakorolt hatását kell figyelembe vennünk. Ez az a föladat, mely később a három test problémája név alatt méltán vergődött oly nagy hírre s méltán foglalkoztatá az első rendű csillagászok szellemét. Valamely elmélet fényesebb diadalt nem is arathat, mint a minőt a gravitáció aratott, midőn Le Verrier az Uranus háborgásaiból a láthatatlan hábor-

gatóra, a Neptunra, nemcsak hogy következtetett, hanem még a szó szoros értelmében föl is fedezte. Arago, midőn e nagy eseményt az akadémiának bejelenté, méltán mondhatta, hogy "a csillagászok néha véletlenül találtak a teleszkópjuk látómezőjében egy mozgó fényes pontot, egy bolygót, holott Le Verrier az új égitestet meglátta, a nélkül, hogy szüksége lett volna arra, hogy csak egyszer is égre tekintsen". Hozzá tehetjük, hogy Newton volt az, ki a Neptunt a csillagász tolla hegyére tette.

Az imént felsorolt nagy feladatok megfejtésére szolgáló első lépéseket Newton tette. Azt kellene tehát hinnünk, hogy Newton könyve már első megjelenése idejében a legnagyobb örömmel és elismeréssel fogadtatott. Azonban a dolog nem így áll, sőt a kontinensen az elismerés sokáig elmaradt, s Newton műve a tudósok vizsgálataira mintegy 50 évig befolyást alig gyakorolt. Ez a jelenleg rendkívül sajátságosnak látszó körülmény érthetővé válik, ha meggondoljuk, hogy a régi hagyományok sokkal mélyebb gyökeret vertek,

semhoggy azokkal egyszerre szakítani lehetett volna. Pedig Galilei már egy évszázaddal Newton előtt megalapította a dinamikát. Igaz ugyan, hogy Newton és eszméi nem részesültek abban a sorsban, melyben Galilei és művei részesültek, de a régi és az új eszmék közötti ellentét még sem volt annyira kiegyenlítve, hogy az utóbbiak minden akadály nélkül terjeszkedhettek volna. Ehhez járul még az a körülmény, hogy Newton korában a Descartes filozófiája, különösen Franciaországban, még majdnem korlátlanul uralkodott, hiszen Newton maga is az első balsiker után a Descartes örvényeiben keresett menedéket. A francziák Descartes filozófiáját nemzeti dicsőségnek tekintették, elannyira, hogy Voltaire-t rossz hazafinak tartották, a mikor a "Newton filozófiáját", tehát az idegen terméket akarta meghonosítani. Végre Newton filozófiája a képzelődésnek nem volt annyira ínyére, mint a Descartes-é; Newton a hidegen számító észhez szólt s az exakt gondolkodás igényeinek felelt meg; tárgyalás-módja, mely az analízist szándé-

kosan került s a homályt nem eléggé oszlatta el, nem igen volt alkalmas arra, hogy könyve kedves olvasmányává váljék; sőt azt is mondták, hogy csak három vagy négy ember volt, ki azt teljesen megértette. Maga Euler, Mechanikájának bevezetésében, bevallja, hogy Newton könyvének olvasása jelentékeny nehézségeket okozott neki. Locke még arra sem volt képes, hogy a számára Newton-tól népies modorban külön kidolgozott gravitáció-elméletet matematikailag felfogassa, s csak azért tartotta helyesnek, mert Huyghens biztosította őt, hogy benne a matematikai dedukciók rendben vannak.

Mondhatni, hogy Newton elméletei csak akkor arattak teljes elismerést, s csak akkor szorították ki Descartes fizikáját, vagy inkább metafizikáját, midőn az olyan matematikusok, mint D'Alembert, Lagrange, Euler, stb. a Newton kijelölte úton haladva, a rohamosan fejlődő felsőbb analízis hatalmas segítő eszközeivel oly szép fölfedezéseket tettek. Innét volt azután az is, hogy a matematika segítségével elért fényes eredmények a

Newton utáni korban a fizika művelőit annyira elvakították, hogy a fizika üdvösségét egyedül a matematikában keresték.

Helyén lesz, ha itt megjegyezzük, hogy Newton művének még címe is sajátos befolyást vala gyakorlandó. Ama cím volt az oka, hogy Newton korában a fizikát és a természet-filozófiát azonos dolgoknak tekintették, vagy inkább, hogy a kettőt egymással összetévesztették; holott Newton természetfilozófiája nem egyéb "mint a világrendszerre is alkalmazott s a matematikailag kezelt gravitáció-eszmével bővített mechanika".

Persze, hogy ily értelemben az egész elméleti fizikát, a mennyiben az egyes ágaiban netalán fölveendő hipotézises elemeket nem tekintjük, méltán nevezhetjük el természetfilozófiának, mert a mechanika az egésznek az alapja. Azonban Newton felfogása a természetfilozófiáról egészen más lehetett. Már említettük, hogy művét egészen más és szorosan a tárgyra vonatkozó



czím alatt óhajtotta közzétenni, mert szerinte "a filozófia olyan szerénytelen és kötekedő dáma", hogy vele szóba állani annyi, mint perpatvarba keveredni. Az említett címbe főképen azért egyezett bele, mivel reménylette, hogy ama cím alatt a mű nagyobb kelendőségnek fog örvendeni, mit a Royal Societynek, mint a mű tulajdonosának vagyonára való tekintetből óhajtott. Mindezekből eléggé kitűnik, hogy Newton-nak az elméleti fizika és a természetfilozófia azonosításában csak indirekt része van.

Newton távol maradt attól, hogy elméleteit metafizikai kombinációkkal hozza kapcsolatba. Az erőket csupán hatásaikból ítélte meg, s nem iparkodott, hogy az erők mibenlétét absztrakt okoskodásokkal és homályos eszmékkel az értelem által fölfoghatóvá tegye. Ennélfogva egészen fölösleges volt Leibniz-nek az az ellenvetése, hogy Newton a semmit meg nem magyarázó attrakció szót használta. "A mit én attrakciónak nevezek, mondá Newton, az talán valami impulsus, vagy talán valamely előttünk ismeretlen más

módon jó létre. Az attrakció szót csak azért használtam, hogy azt az erőt, melynél fogva a testek egymás felé törekeshetnek, okára való tekintet nélkül megjelöljem; mert mielőtt az attrakció okát fölkereshetnők, illő, hogy a természet tüneteinél fölismerjük, hogy micsoda testek vonzzák egymást, s hogy az attrakciónak miféle törvényei és tulajdonságai vannak." Továbbá: "Az égnek és a tengereknek tüneteit a gravitáció erejével megmagyaráztam, de okát még nem fejeztem ki. Ezt az erőt olyas valami hozza létre, a mi a Nap és a bolygók középpontjáig terjed, a nélkül, hogy képességéből valamit veszítene; ez az erő, a mechanikai többi okoktól eltérőleg nem arányos ama részek fölületével, melyekre hat, hanem arányos az anyag mennyiségével; hatása minden irányban roppant nagy távolságokig terjed s mindig a távolság négyzete szerint fogyatkozik... De a gravitáció eme tüneteinél eme tulajdonságok okát még nem fürkészhettem ki, hipotéziseket pedig nem csinállok."

Newton Optiká-ja és a Philosophia naturalis végén kifejezett eme szavaihoz roszszúl illenek az ugyancsak ott kifejezett nézetei, melyek szerint a bolygórendszer elemeinek állandóságában nem bízik s arra utal, hogy az időről-időre bekövetkező elkerülhetetlen zavarok alkalmával valamely felsőbb kéz az egész gépezetet meg fogja igazítani. Ezt a megjegyzést theológiai munkái számára tarthatta volna föl.

X. A Philosophia naturalisban tárgyalt fizikai feladatok.

Az előterjesztett asztronómiai nagyfontosságú fölfedezések mellett a Philosophia naturalis a szorosabb értelemben vett fizikának több nevezetes feladatát is tárgyalja. Eme feladatok, bármily jelentősek a fizikára nézve, Newton asztronómiai fölfedezéseivel nem vetekedhetnek s korszakot nem alkottak, de eredetiségük által a későbbi vizsgálatok útját egyengették, vagy pedig ott, ahol eredetiséggel nem dicsekedhetnek, a régi vizsgálatokat tökéletesbítették. Továbbá eme fel-

adatok által Newton a fizikát a mechanikával szorosabb kapcsolatba hozta, tehát nagy lépést tett annak az igazságnak földerítésében, hogy a tűnemények végső okai a mozgásban, az anyag térviszonyaiban keresendők.

Newton vezette le először elméleti úton a hang terjedési sebességét, s azt a törvényt találta, hogy a sebesség egyenlő a levegő feszítő erejéből és a sűrűségéből képezett hányados négyzetgyökével. Ha eme törvény szerint a hang sebességét kiszámítjuk, ezt 906 párisi lábnak találjuk, holott pontos kísérletekből kitűnt, hogy az 1022 párisi láb. Azonban e feltűnő eltérésnek nem a Newton elmélete az oka. Lesz még alkalmunk, hogy eme fontos tárgyra visszatérjünk, most csak annyit jegyzünk meg, hogy Newton levezetéseinél a Mariotte törvényét alkalmazta, e törvény pedig a levegő mérsékletét állandónak tételezi föl. Már pedig a hang terjedésénél a levegő mérséklete, tehát a rugalmassága állandó nem marad.

Newton továbbá meghatározta a vízhullámok terjedésének sebességét. Először is azt a tételt vezette le, hogy a közlekedő edények száraiban levő víz hullámozása megegyezik azon ingának lengéseivel, melynek hosszúsága a két vízoszlop magasságainak fele, s eme tétellel kimutatta, hogy az az idő, mely alatt a hullám egy hullámhosszal (avval az úttal, melyen át a hullám tovaterjed, míg egy vízrészecske egy teljes lengést tesz) terjed tova, egyenlő annak az ingának lengése idejével, melynek hossza maga a hullámhossz. A levezetés ahhoz a föltételhez van kötve, hogy a vízrészecskék fölfelé és lefelé csak függőleges vonalakban rezegnek. Newton maga is átlátta, hogy ez a föltétel nem felel meg a valóságnak, de későbbi vizsgálatok elméletének egyéb hiányait is földerítették.

Torricelli meghatározta volt a folyadékok kifolyási sebességét, de Newton vette először tekintetbe a kiömlő folyadékoszlopnak összeszorulását s ennek folytán Torricelli elméleti képletének kiigazítását.

A kik Newton előtt a levegő ellenállásának törvényeivel foglalkoztak, kísérletekből indultak ki. Ellenben Newton elméleti úton vezette le azt a törvényét, mely szerint az ellenállás arányos a sebesség négyzetével, s csak 1710-ben kérte föl Hawksbee-t, hogy a törvény helyességét kísérletileg vizsgálja meg. Hawksbee-nak a londoni Szt. Pál templomban s Desaguliers-nek pár év múlva ugyanazon a helyen végrehajtott kísérletei az elmélettel eléggé összeváltak, azonban Newton ingáskísérletek útján azt tapasztalta, hogy lassú mozgásokra a törvény nem alkalmazható, miből azt következtette, hogy az ellenállás nem csupán a sebességtől, hanem más körülményektől is függ, de a melyeket kipuhatolnia nem sikerült. Hogy a törvény igen nagy sebességek mellett sem áll, azt 1740-ben Robins kilőtt golyókkal bizonyította be: az ellenállás majdnem háromszor akkora volt, mint a mekkorának Newton törvénye szerint kellett volna lennie. Az egész feladat még jelenleg is megoldatlanul áll előttünk.

## XI. Abszolút erőmérés. - A mechanikai mér- tékrendszer.

Végig tekintve a mechanikának Galilei által felállított s Huyghens és Newton által kibővített elvein, ha át akarjuk látni a mechanikának s ev-  
vel együtt a fizikának tartalmi gyarapodását, nem  
is kell az ezen elvek segítségével sikeresen meg-  
fejtett problémák fényes sorozatára gondolnunk.  
Biztos alapokon fejlődött a mechanikai tudás, s a  
fizikának további extenzív fejlődése már inkább  
csak az alapvető tünemények helyes fölismerése  
által volt föltételezve; az észlelő bűvárnak immár  
nem kellett zavarba jönnie, ha oly tünemények  
előtt állott, melyek egy új irány kijelölését tették  
szükségessé: a természet-filozófiának elvei, ha a  
bűvár ezeket helyesen fogta föl, őt az egymással  
összefüggésben nem lenni látszó tünemények út-  
vesztőjében biztos úton kalauzolták. Mégis,  
mind Galilei, mind Huyghens és Newton, mind  
pedig híres utódaik egy jelentős hézagot betöltet-  
lenül hagytak, oly hézagot, melyet épen a kísér-  
leti bűvárnak minden lépten-nyomon kellett érez-

nie: az abszolút erőmérés s általában a mechanikai mértékrendszer még mindig a megalapítására várt.

Bár e föladat megfejtése csak a jelen század vívmánya, a tárgynak az eddigiekkel való okozatos összefüggése megengedi, hogy vele már most foglalkozzunk.

Tudva van, hogy minden mérés csak egy eleve megállapított, a mérendő dologgal egyenmű, de máskülönben tetszés szerint választott egység alapján hajtható végre. Ha a mérendő dolognak, mint például a térnek, időnek, stb., egy önkényes része minden különös megszorítás nélkül egységgül vehető, akkor az egység megválasztása semmi elvies nehézséggel nem jár s a megválasztásnál legfeljebb a számításbeli czélszerűség lehet irányadó. Másképen áll a dolog az afféle méréseknél, hol a mérendő tárgynak egy bizonyos része egységgül közvetetlenül nem vehető, mert a tárgy lényegesen függ több olyan tényezőtől, melyek ismét önkényes egységek által mérendők.



Ide tartoznak a természeti erők. Ezeknek csak a hatásukat ismerjük, tehát azon kell lennünk, hogy e hatások törvényei s geometriai törvények alapján a hatások okait, az erőket, közvetve mérjük. Így például a Galilei és Newton vizsgálataiból ismeretesek azok a tényezők, melyekkel egy folytonosan működő erő nagysága arányos, de ez az arányosság csak az erőknek egymás között való összehasonlítását s nem valamelyes erőnek abszolút mérését teszi lehetővé.

A híres Gauss-t illeti az érdem, hogy kimutatta, miként lehet a fizikában előforduló összes mennyiségeket a hosszak, a tömegnek s az időnek egységeire visszavezetett, tehát leszármaztatott egységével mérni.

Eme mértékrendszer megállapítására a földmágnesség erősségének mérése adott alkalmat. Egy a földmágnesség behatása alatt lengő mágnesű bizonyos időben tett lengéseinek száma épen úgy függ a mágnesi erő nagyságától, mint az inga lengéseinek száma a nehézségi erő nagy-

ságától. Ha tehát a földfelület bizonyos pontjain a mágnesi erőt egységül vesszük, akkor a földfelület egy másik pontján a mágnesi erőt amaz egységgel mérhetjük, mert az erők nagyságai úgy viszonylanak, miként az ugyanazon időben tett lengés-számok négyzetei. Az ilyes egységek s összehasonlító mérések ellen elvi szempontból semmi kifogást sem lehet tenni, de egészen másképen áll a dolog, ha e mérések gyakorlati kiviteléről van szó. Ekkor a rendelkezésünkre álló mérő-eszközök fogatkozásai folytán oly nehézségekre találunk, melyeket csakis a mérő-eszközök sajátságaitól független, a mondottuk módon lezármaztatott, vagy Gauss-al szólva, abszolút erő-egységgel háríthatunk el.

Gauss az *Intensitas vis magneticae terrestres ad mensuram absolutam revocata*, Götting. 1832, cz. híres művével nem csak a földmágnesi erő mérésének, hanem általában a mechanikai mértérendszernek alapjait vetette. A Gauss rendszerének jellemzésére legjobb lesz, ha felhozzuk a mágnesi erő mérésére választott egységet: "az éj-

szaki mágnesi fluidum egysége az, melynek taszító ereje a vele egyenlő s tőle az egység távol-ságában levő fluidumra a mozgató erő egységét gyakorolja, azaz a tömegegységben a gyorsulás egységét idézi elő."

Miután Gauss megmutatta, hogy miként lehet a mágnesi erők mérését biztos és minden esetlegességtől független alapra visszavezetni, a mértékrendszernek minden irányban való kifejlesztése nem sokáig váratott magára. Ő és W. Weber kiterjesztették e rendszert a mechanikai, mágnes-ségi, elektrostatikai és elektrodinamikai összes mérésekre.

Mondottuk, hogy a Gauss rendszeréig a fizika fejlődésében hosszú időn át nagy hézag maradt. Mégis, a következőkben látni fogjuk, hogy a fizikai tanok a Gauss idejéig a nélkül is a fejlődés magas fokát érték el. Miképen eshetett meg ez?

A meddig a vizsgálatok helyes vagy nem helyes voltát csak a tünemények s az ezeket magyarázó elvek között fönnálló vagy fönn nem álló

összhang dönti el, addig a fizika fejlődése bizonyos elvi kérdések megállapításától függ. S valóban, ilyen irányban - melyet bizonyára a leghelesebbnek kell elismernünk - fejlődött a fizika a legújabb korig. De a mint az erők s a hatások között fönnálló törvényszerű összefüggés csak a kísérlet nyújtotta pontos számok által vezethető le, akkor a raczionalitás egymagában nem sokat segíthet s a fizikának az alapos mérések terére, tehát geometriai térre kell lépnie, persze, a nélkül, hogy az elvek kijelölte iránytól eltérne. A bűvarkodásnak ez a neme pedig akkor vált nagyon szükségessé, midőn a fizika ahhoz a ponthoz jutott, melynél az oly sok mindenféle tényezőtől függő elektromos és mágneses hatások törvényeit kellett hogy kifürkészsze. S éppen ennél a pontnál mutatkozott a mechanikai mértékrendszer jelentősége, mert az eme rendszer segítségével végrehajtott vizsgálatok nemcsak hogy a tünemények természetét behatóbban tüntették föl, hanem még oly elvek nyomára vezettek, melyek ismét a mechanika elveire hatottak vissza s

ez által a bűvarkodás új mezejét nyitották meg, miként erről alkalmas helyen még szólni fogunk.

Mondhatjuk, hogy a mérő fizikának tulajdonképpen Gauss vetette az alapját, mire őt kiváló matematikai szelleme képesítette; fizikai törekvéseinek matematikai irányzata megérteti velünk, hogy azt óhajtotta, hogy őt csak matematikusnak tekintsék.

## XII. Newton optikája. - A színszórás.

A Philosophia naturalis Newton dicsőségének csak egyik emléke. A másik könyv, mely egyrészt tényleges tartalma, másrészt pedig az optika fejlődésére gyakorolt rendkívüli befolyása által figyelmünket nem csekélyebb mértékben vonja magára, Newton Optikája, mely megjelenésétől kezdve egy évszázadig az "optika kódexe" volt.

E rendszeres műben közzétette mindazt, mit addig egyes értekezésekben szétszórva közölt. A mű sokáig váratott magára. Newton-t optikai értekezései ellen intézett támadások annyira bán-

tották, hogy vizsgálataival mind ritkábban lépett a nyilvánosság elé, sőt miután a vékony lemezek színeiről írt értekezése miatt Hooke-kal újra izgalmas vitába keveredett, elhatározta, hogy mindaddig míg Hooke él, optikai vizsgálataiból mit sem fog közzé tenni. Így esett meg, hogy Optiká-ja csak két évvel Hooke halála után jelent meg, még pedig Opticks, or a treatise of the reflections, inflections and colours of light, London, 1704. cím alatt. Mivel Newton arra számított, hogy munkája még inkább el fog terjedni, ha az egyuttal latinul is megjelenik, dr. Clarke által latinra fordíttatta. Newton a fordítással annyira meg volt elégedve, hogy Clarke-nak mind az öt gyermekét 100 font sterlinggel ajándékozta meg.

A latin. kiadás 1706-ban jelent meg és hat újabb kiadást ért, az angol pedig négyet; három francia kiadás a műnek még nagyobb elterjedést vala szerzendő. A kiadások rendkívül nagy száma előre gyaníttatja, hogy milyen rendkívüli sikert aratott a Newton Optiká-ja.

A mű három könyvre van osztva; az első a reflexiót, a refrakciót és a színszórás (disperziót) tárgyalja, még pedig az emisszió-elmélet alapján; a másodikban előadatnak a vékony lemezek színei és a testek természetes színei; végre a harmadik könyv a diffrakcióval foglalkozik. Mivel Newton elméleteinek nagy része elavúlt, ismertetésünkben keletkezésük chronológiai szigorú rendjétől eltérhetünk, s inkább a mű tartalmi sorrendjéhez fogunk alkalmazkodni, a nélkül, hogy a műnek az akkoriban divatozó beosztása (fejezetek, axiomák, definíciók, proposíciók, korollariumok stb.) által magunkat korlátoztatnók.

Kezdjük a színszórással.

Említettük, hogy Newton, miután a Royal Society tagjai közé fölvetetett, a fényre vonatkozó vizsgálatainak egy részét a társulattal közölte. Ez volt az optikáról közzé tett dolgozatainak elseje, s miután ez a fény elemzésével foglalkozik, föl kell tennünk, hogy Newton optikai vizsgálatait prizmákkal kezdé meg.

Newton maga mondá, hogy 1666-ban Cambridgeben vett magának egy üvegprizmát, de mivel a járvány miatt a várost oda kellett hagynia s két évig vizsgálatokat nem tehetett, föltehető, hogy a színszórás elméletét 1669-ben állította föl.

Newton elmélete szerint a fehér fény különböző törékenységű színes fénysugarakból van összetéve, s az egyenlő törékenységű sugaraknak ugyanaz a színük van. Lássuk a kísérleteket, melyek őt a tétel felállítására vezették.

Sötét szobába az ablaktábla nyílásán át napfényt vezetett s a fény útjába prizmát állított. Miután a nyílás alakját és nagyságát többféleképen változtatta, végre kerek nyílásnál állapotodott meg. A megtört sugarakat a nyílástól 22 láb távolságban felállított ernyővel fogta föl. Newton figyelmét először is az ernyőn levő 13 hüv. hosszú kép, a spektrum, a mint ő nevezte, vagyis a színeké, vonta magára. A színek szépsége előidézte gyönyört csakhamar a tudásvágy váltotta



föl: Newton a tünemény magyarázatát az addig megjelent optikai munkákban föl nem lelven, maga iparkodott, hogy a tünemény okait földerítse. Eleintén a tüneményt a prizmája tökéletlenségének tulajdonította, s hogy e véleményéről meggyőződjék, mögéje egy hasonló, de megfordított helyzetű prizmát tett. E prizmák törő élei párhuzamosak valának, s együttvéve parallelopipedet alkottak.

Newton azt hitte, hogy a prizmák ellentétes állása által az első prizma szabályszerű hatásai lerontatni, ellenben a tökéletlenségből eredő hatások öregbítetni fognak. Azonban az első prizma összes hatásai lerontattak, mert a színek helyét a nyílás tiszta kerek képe foglalta el. Ez a kísérlet meggyőzte őt, hogy a prizma tökéletlensége a színeknek oka nem lehet, s arra a gondolatra jött, hogy az első prizmára eső fehér fény különböző törékenységgű színes sugarakból állott, s az első prizma szétválasztotta sugarakat a második prizma ismét fehér fénnyé egyesítette.

Ez a föltevés egy kevésbé alapos experiméntort már teljesen megnyugtatót volna, azonban Newton-t még nem elégítette ki. Mivel a fénynyaláb, mely a prizmára esett, nem állott párhuzamos sugarakból, hanem fél foknyira divergált, az a gondolata támadt, hogy talán a beesési szögek különfélesége idézi elő a tűneményt. Hogy erről meggyőződjenek, a prizmát forgatta, azonban ez által a színek csak jelentéktelen változást szenvedtek. Evvel Pardies-nek Huyghens-nél említett ellenvetését előzetesen megczáfolta. Most még azt vizsgálta meg, vajjon a fénysugarak, miután a prizmából kiléptek, nem terjednek-e görbe vonalban? E végett az ernyőt a prizmához mindinkább közelítette s a színek hosszúságából s a prizmától való távolságából meghatározta azt a szöget, mely alatt a különböző színű sugarak a prizmából kiléptek. Mivel pedig ez a szög valamennyi esetben ugyanakkora volt, bizony következtethette, hogy a sugaraknak görbe útvonalok nem lehet.

A színeknek a prizmához való helyzete, már meggyőzhette volna Newton-t, hogy a vörös sugarak a legkevésbé, az ibolya színűek pedig a legerősebben töretnek. Azonban a dolgot itt is alaposabb vizsgálat alá vetette, a mennyiben a különböző színű sugarak törékenységét külön-külön megvizsgálta. Ide vonatkozó kísérletei közül a legdöntőbb volt a következő. Az első prizma mögé kicsiny nyilással ellátott táblát tett, ettől nagyobb távolságra hasonló nyilással ellátott második táblát, s ez utóbbi mögé egy második prizmát. Ennél a berendezésnél az első prizmából kilépő sugarak mindig ugyanazon szög alatt estek a másodikra, s hogy fölváltva az ibolya, kék, zöld stb. sugarak essenek a második prizmára, nem kellett egyebet tennie, mint az első prizmát törő éle körül lassan forгатnia. Ezt megtéve, kétségtelenül mutatta ki, hogy az ibolya sugarak a legerősebben, a kékék kevésbé, a zöldek még kevésbé és i. t. töretnek.

Mindezeket a kísérleteket Newton többféleképpen variálta. A többi között különféle színű poro-

kat kevert össze, megkísérlendő, hogy ily módon előállítható-e a fehér szín. Mindamellett hogy a legkedvezőbb keverési arányok mellett is csak világosszürkét kapott, ez az eredmény őt nézeteiben nem tántorította meg, sőt inkább megerősítette, mivel belátta, hogy a fényelnyelés miatt ily módon tiszta fehér szín elő nem állítható.

Miután a kísérletek meggyőzték Newton-t elmélete helyességéről, értekezését a Royal Societynek benyújtotta. Talán Newton nagy tekintélyének tulajdonítandó, hogy a közfelfogás, mely az egyes találmányok eredetével nem igen bajlódik, mint sok más dolognál, úgy itt is csak egy feltalálót említ. Innét van, hogy közönségesen azt mondják, hogy a színszórást Newton találta föl, s hogy ő mutatta ki először, hogy a fehér fény hét különböző színű fényből van összetéve. Azonban az elsőbbség itt is csak annyiban illeti meg őt, a mennyiben a tüneményt alaposan tanulmányozta, s annak helyes magyarázatát adta. Nem tekintve az ókor homályos fogalmait, elég ha megjegyezzük, hogy Grimaldi magát a színeképet eléggé is-

merte; megemlíthetjük még Marci de Kronland (Joannes Marcus Marci) prágai professzornak (1595-1667) *Thaumantias* című (1648-ban Prágában megjelent) művét, melyben a szerző a színekéről és a szivárványról értekezik, s előadja, hogy már egyszer színessé vált fény, ha újra megtöretik is, színét megtartja, azonban a tüne-  
ményt oly zavart és bizarr módon értelmezi, hogy éppen ez oknál fogva őt mint feltalálót még kevésbé említik mint Grimaldi-t. Maga a színszórás nem a Newton találmánya; alaptalan az az állítás is, hogy Newton a fehér fényt hétféle fényből képzelte összetéve, mert Newton sohasem szólt hét, vagy általában korlátozott számú színről, hanem mindig úgy tekintette a fehér fényt, mint a mely korlátlan számú, egymástól fokozatosan különböző törékenységű sugárból van összetéve; midőn a színekét hét részre osztotta, csak a legföltünőbb színeket jelölte meg, s nem akarta a meglevő színek számát kevesebb egyszerű színre redukálni, mint ezt Brewster tet-

te, a ki minden színt kékre, sárgára és vörösre akar redukálni.

Newton életrajzában említettük, hogy a fény elemzésére vonatkozó nézetei heves vitákra adtak alkalmat. A Royal Society a Newton munkája által előidézett első meglepettsége és bámulata után a dolgozatot három tagjának kiadta, hogy róla jelentést tegyenek. Hooke is ezek közt volt. Hooke már akkor, midőn Newton az ő teleszkópját bemutatta, azt állította magáról, hogy csalhatatlan módszerrel rendelkezik, melynek segélyével "nem csak a teleszkópokat, hanem valamennyi optikai eszközt a tökéletesség legmagasabb fokára lehet emelni, elannyira, hogy mindaz, mit az optikában eddig feltaláltak, terveztek vagy óhajtottak, ép oly könnyen mint pontosan vihető ki."Azonban Hooke megelégedett avval, hogy csodálatra méltó találmányát oly anagrammába rejtse, melyet sem ő, sem pedig mások sohasem betűztek ki. Hasonlóképen járt el Newton dolgozatával; a helyett, hogy erről tárgyilagos jelentést tett volna, a leírt tüneményeket az ő hul-

lámelméletének szempontjából fejtegette. Csak-hogy nézetei még annyira homályosak valának, hogy tiszta és határozott színelméletet fölállítania lehetetlen vala; a többi között azt a furcsa és a Newton kísérleteivel merőben ellenkező nézetet adta elő, hogy a fehér fényben csak két szín (vörös és ibolya) van; egyébként pedig a Newton dolgozatából csak azt hagyta helyben, a mi az ő nézeteivel megegyezett, a többire nézve pedig azt tanácsolta Newton-nak, hogy a hullámelméleten kívül másban fölvilágosítást ne keressen. A Hooke önhitt hangja Newton-t arra készítette, hogy a Philosophical Transactions-ban komoly és rátartós hangon válaszoljon. Először is megczáfolta Hooke-nak azt az állítását, mely szerint a tükrök gömbi eltérése nagyobb mint a lencséké, aztán pedig kijelenté, hogy Hooke az előadott tényeket nem az ezeket támogató kísérletek szempontjából ítélte meg, hanem csak azt kutatta, vajjon egy előzetesen felállított elmélettel összhangzásban vannak-e; végre kimutatta a hullámelmélet tarthatatlanságát, a mi Hooke homályos és za-

vart előterjesztésével szemben persze nem volt nehéz feladat.

Huyghens, a ki Newton színelméletét szintén nem tudta a hullámelmélettel összeegyeztetni, amazt szintén a hullámelmélet ellen intézett támadásnak tekintette, a mi megbocsátható, mivel a hullámelmélet, akkori állapotában, a tények ama csoportjával, melyet a színelmélet tárgyalt, még nem bírt beszámolni. Huyghens azt állította, hogy a kék és a sárga színből valamennyi többi szín előállítható, s az ő ellenkezésének tulajdonítandó, hogy Newton később a *Traité de la lumière*-rel méltatlanul bánt, pedig Huyghens nevezett művében a színelméletet nem is említette.

Pardies ellenvetéseit, a ki szintén a hullámelmélettel foglalkozott, már más helyen említettük. A többi ellenvetések Newton elméletének félreértéséből eredtek. Így például Franciscus Linus, ki a légnyomás létezését tagadta, hasonló bátorsággal tagadta a színszórást is, mivel szerinte a színek nem a tiszta napfényből, hanem a fehér



felhők közreműködésével keletkezik. Mariotte azért nem hagyta helyben Newton nézeteit, mivel Newton kísérletei neki nem sikerültek. Newton már előre haladt korú lévén, röstelte, hogy ismét a polémia terére lépjen, minélfogva Mariotte ellenvetéseinek megczáfolását Desaguliers oxfordi professzorra - ki jeles experimentátor hírében állott - bízta.

Az első, a ki a Newton észleleteit a kontinensen megerősítette, Lucas, Linus tanítványa volt. Lucas csupán azt az ellenvetést tette, hogy a színek nem lehet olyan hosszú, mint a mekkorának Newton azt mondotta, mire Newton megjegyezte, hogy a színek hosszúsága a prizma törőszögével növekszik. Evvel a Newton és Linus közötti s Linus halála után Lucas-szal folytatott vita véget ért.

Goethe is jónak látta, hogy Newton színelmélete ellen kikeljen. A híres költő részint a tudományos vizsgálatok komolyságával, részint pedig aforizmáinak gúnyjával igyekezett Newton

elméletét, melyet kellőképpen át nem értett, megdönteni. Szerinte azt állítani, hogy a fehér fény több színes fény keverékéből éli, badarság; elmélkedései arra az ókori felfogásra lyukadnak ki, hogy a színek a fehér fénynek és az árnyéknak, tehát a világosságnak és sötétségnek keverődéséből erednek.

A legújabb figyelemre méltó ellenvetést Brewster tette, a ki azt vetette föl Newton-nak, hogy nem volt tekintettel arra, hogy a színek viszonylagos helyzetei bizonyára módosíttatnak ama szög által, mely alatt a Nap sugarai szétterjednek, "minélfogva két észlelő, az egyik a Merkuron, a másik a Jupiteren vagy Saturnuson, a Nap színeképét ugyanazokkal a prizmákkal s a Newton-éhoz hasonló ügyességgel tanulmányozva, egymástól nagyon eltérő eredményeket kapna." Azonban Newton, midőn pontos kísérleteket és méréseket hajtott végre, a kúpszerűleg szétterjedő sugarakat gyűjtő lencsével koncentráltta, minélfogva nagyon találó Biot-nak következő megjegyzése: "Nyilván való, hogy a nyílás képé-

nek lencse által való koncentrációja ugyanazt a hatást eredményezi, mintha a Napnak látszólagos átmérője, a nélkül hogy fényerősségéből veszítene, kisebbedett volna; s mivel ez a redukció korlátlan, a kísérlet sokkal jobb, mintha közvetlenül a Jupiteren, a Saturnuson sőt az Uranuson hajtatott volna végre, mint ezt Brewster kívánja."

A színelmélet a legnagyobb érdem, melyet Newton az optikában szerzett; annak helyébe jobbat felállítani maig sem lehetett, minélfogva az a hullámelméletbe változatlanúl fölvétetett. Sőt mondhatni, hogy Newton elmélete mindig érvényes fog maradni, mert legfeljebb csak a fölötte lehetne vitatkozni, vajjon a színek már eredetileg meg voltak-e a fehér fényben, vagy pedig csak a prizma hatásai által képeztettek a fehér fényből.

Newton elméletének csak az az egy tökéletlensége volt, hogy föltette - talán azért mert Newton véletlenül mindig ugyanabból az anyagból készült prizmákkal dolgozott - hogy a különböző

anyagok egyenlőképen szórják a fényt. Innét van, hogy Newton a dioptrikai messzelátók főhibájául a színszórást tekinté, s nem képzelhette, hogy e hiba az előtte még ismeretlen achromatizmus által elhárítható volna; innét van az is, hogy figyelmét a katoptrikai messzelátók készítésére fordította, mivel azt képzelte, hogy tiszta képeket csak a fény visszaverődése által lehet előállítani.

XIII. Az emisszió-elmélet. - A sugártörés és a szivárvány elmélete.

A színszórásnak Newton-féle elmélete független a fény mivoltáról alkotott hipotézisektől; hogy a fehér fény a színes fény keverékéből áll, ezt mondhatta Newton a nélkül hogy keresnie kellett volna, hogy maga a fény miből áll; azonban magától értetődik, hogy Newton a színszórás tünetényeit is az emisszió-elméletre alapította.

Másképen áll a dolog a reflexió és a refrakcióval; hogy e tünetényeket kimagyarázhassuk, okvetetlenül valamely hipotézishez kell fordulnunk. Newton, a prizmákkal végrehajtott első kí-

sérletei után az optikában azonnal az atómos fel-fogáshoz hajolt, felállítván az emisszió- vagy emanáció-elméletet, mely szerint a fény konkrét részecskékből áll, melyek a világító testből rend-kívül nagy sebességgel szétáradnak s a megvilá-gosított test által vonzatnak, esetleg taszítatnak.

Eme hipotézissel a refrakciót egészen egy-szerűen ki lehet magyarázni, de a reflexió ma-gyarázata már nehézségekbe ütközik; hogy pedig a többi fénytüneményt az emisszió-elmélet segít-ségével kimagyarázhassuk, azt mindenféle tolda-lékkal kell ellátnunk, úgy, hogy végre az egész elveszíti azt az egyszerű jellemet, melyet egy hi-pothézistől mindenkor elvárunk. Nem tekintve azt, hogy az emisszió-elmélet az optikai tünemé-nyek bizonyos csoportjára épen nem alkalmazha-tó, a következőkben látni fogjuk, hogy maga a megalapító mennyit bajlódott vele.

Newton, a sugártörést kimagyarázandó, fölte-szi, hogy a fény, a mint a törő közeg vonzás-szférájába érkezik, a vonzás következtében ere-

deti irányától eltér, megtöretik, s így hatol az átlátszó közegbe, melyben aztán állandó sebességgel tovább halad. Eme föltevással Snell töréstörvénye egyszerűen levezethető, sőt Newton még a Kepler föltaálta teljes visszaverődést is kimagyarázta vele: ha a fény sűrűbb közegből eléggé ferdén érkezik a törő fölületre, vonzás következtében a fény az illető közeget el nem hagyhatja.

A fény reflexióját illetőleg, melynél a fény nem hatol a közegbe, sőt ellenkezőleg ettől visszalöketik, itt Newton már nem érthette be a közeg vonzásával. A Descartes föltevését, mely szerint a fény rugalmas golyó módjára visszapattan, elveti ugyan (mert erre a visszaverő fölületet nem tartja eléggé símáknak), azonban hogy érthetővé tegye, hogy miért távozik a fény olyan testtől, mely által sok esetben vonzódik is, segítségért visszaverő vagy repulzív erőkhöz folyamodik. Ha már bajos elképzelni, hogy ugyanaz a test a fényt vonzza is, meg taszítja is, annál kevésbé érthetjük a dolgot akkor, midőn Newton azt mondja, hogy a vonzó erő azonos a taszító

erővel, mert azok a testek, melyek a fényt legerősebben törik, ezt legerősebben vissza is verik. Különben a fény reflexiójának elmélete nemcsak Newton Optiká-jában homályos, hanem azt az emissziós elmélet későbbi hívei sem bírták tisztába hozni, s mesterük példáját követve, a kelletlen dologgal nagyon röviden bántak el.

A mint a színszórás elmélete meg volt alapítva, könnyű volt Newton-nak azt a tűnemények egész csoportjára alkalmazni. Így például a többi között megmagyarázta, hogy miért látjuk a sötét alapokon levő világos tárgyakat megfelelő színes szegélyekkel környezve. De bizonyára a legfontosabb a szivárvány elmélete, mely nem egyéb, mint Descartes elméletének kibővítése, a meny nyiben Newton Descartes elméletében a színszórás is figyelembe vette. A színszórás alapján könnyen megmagyarázhatta, hogy miért vörös a főszivárvány felső széle és miért ibolyaszínű az alsó széle, továbbá, hogy a színek sorrendje miért ellenkező a mellékszivárványnál. Newton a szivárvány elméletét bizonyos pontig teljesen be-

fejezte, s a hullámelmélet azt csak egyes részeiben egészítette ki.

Az optika második könyvében Newton a szivárványon kívül még a közegek törő képességéről is értekezik; szerinte a törő erő, épen úgy mint a nehézség, gyorsító erő, s mechanikai analógiák alapján a törő erő mértékét matematikailag kifejezi. A második könyv végén van egy mondat, mely nagy hírre vergődött, mivel abból Newton szellemének előre látó képességére következtettek. E mondat így hangzik: "Ha a kámfornak, a faolajnak, a lenolajnak, a terpentinolajnak (melyek mindannyian zsíros, kenes, olajos anyagok) és a gyémántnak (mely nagyon valószínűleg megkeményedett olaj) töréseit összehasonlítom, azt tapasztalom, hogy eme testeknek is van törő erejük; e törő erők jelentős eltérés nélkül úgy viszonylanak, mint a sűrűségek....."

Biot e mondatból következtette, hogy Newton előre látta, hogy a gyémánt elégethető anyag.



Azonban az Optika megjelenésekor a gyémántnak ez a tulajdonsága már ismeretes volt, mivel 1694 és 1695-ben III. Cosimo toskánai nagyherceg a gyémántot Tschirnhausen-féle gyújtó üvegekkel (Averani és Targioni által) elégettette. Newton eszméjére tehát csak akkor lehetne nagyobb súlyt fektetni, ha az a gyémánt elégetése előtt fogamzott volna meg, mit azonban eldönteni alig lehet.

XIV. A vékony lemezek színei. - A testek természetes színei. - A diffrakció és a kettős törés.

Az Optika második könyvének legfontosabb tárgya a vékony lemezek színeire vonatkozó vizsgálatok előterjesztése. Newton az idevonatkozó első értekezést 1675 végén adta be a Royal Societynek.

A vékony lemezek színeivel előzetesen Boyle és Hooke foglalkoztak, s Arago rossz néven veszi Newton-tól, hogy nem említi, miszerint két egymásra tett lencsével Hooke állította elő először a színgyűrűket, s hogy azt sem említi, hogy

Hooke-nak színgyűrű-elmélete vezette őt a kísérleti úton kapott törvények föllállítására.

Newton egy sík-domború lencse sík lapjára domború-domború lencsét szorított. Mikor a lencsére nézett, azt tapasztalta, hogy a sötét középpont körül a színgyűrűk szabályosan terülnek el; mikor pedig a lencsén keresztül nézett, a színgyűrűk világos középpont körül terültek el, s az előbbeni színek helyét kiegészítő színek (olyanok, melyek az előbbenieket fehérre egészítik ki) foglalták el.

A kísérleteket egynemű (homogén, monochromatikus) fényben is ismételte; a homogén fény előállítására magát a színképet használta. Ugyanis a színkép egyes helyeit egymásután fehér papírra vetette, s a lencsét úgy tartotta, hogy bennük a színeket mintegy tükörben látta. A gyűrűk száma most sokkal nagyobb volt, s egyszersmind azt is tapasztalta, hogy a vörös gyűrűk a legszélesebbek, az ibolyaszínűek pedig a legkeskenyebbek.

A tünemény szemléleti kellő fölismerése után számbeli törvények levezetésére törekedett. A színes gyűrűknek s a köztük levő sötét gyűrűknek sugarait czirkalommal megmértvén, azt a törvényt találta, hogy a világos gyűrűknél a sugarak négyzetei úgy vannak egymáshoz, mint a páratlan számok, a sötét gyűrűknél pedig mint a páros számok. Mivel a gyűrűk megmért átmérőin kívül a használt lencse görbületi sugarát is ismerte, minden egyes gyűrűnek megfelelő levegőrétegvastagságát geometriai úton meghatározhatta. Végre, midőn a két lencse közé vizet tett, azt tapasztalta, hogy a színek sorrendje változatlan marad, de a gyűrűk egymásmellett szorosabban állanak s mérés útján arra az eredményre jutott, hogy az ugyanazon színnek megfelelő levegő- és vízrétegek vastagságai úgy vannak egymáshoz, mint négy a háromhoz; ez a viszony pedig megközelítőleg a víznek törési együtthatója.

Eme számbeli törvények feltalálásának (s talán szintén a Newton iránti tiszteletnek) tulajdonítandó, hogy a szóban forgó tünemények Newton-

féle színgyűrűknek neveztetnek; mert Newton elmélete, bár bizonyos pontig eléggé szigorúan számot ad e tűneményekről, a hullámelmélet által teljesen kiszorított, tehát a színgyűrűk ama törvények nélkül a Newton-féle nevet alig őrizték volna meg.

A homogén fényben végrehajtott kísérletek arra készítették Newton-t, hogy az emisszió-elméletet egy új hipotézissel toldja meg, melynek *fits of easy transmission or of easy reflexion* nevet adott, s a melyet magyarul - ha a *fits* szót alkalmazkodásnak neveznök - így fejezhetnénk ki: alkalmazkodás a könnyebb áteresztéshez vagy a könnyebb visszaverődéshez. Newton ez alatt azt értette, hogy ugyanaz a homogén fénysugár két különböző közegen átmenvén, hol inkább áteresztetik (megtöretik), hol inkább visszaveretik, s hogy eme tulajdonságok, vagy mondjuk, inkább hajlamok, egyenlő távolságokban ismétlődnek. Ott, a hol a két lencse érintkezik, a homogén fény csakis üvegben haladván, minden nehézség nélkül átmegy, s nem veretik vissza, te-

hát az érintkezési pont körül sötét kör keletkezik; az érintkezés-ponttól bizonyos távolságban a fénynek már csekély vastagságú levegő-rétegen kell átmennie, tehát visszaveretik, s mivel a levegő-réteg köröskörül egyforma vastag, fényes kör fog látszani: az érintkezés-ponttól még nagyobb távolságban a levegőréteg még vastagabb lévén, a fény ismét átmegy, a következő rétegnél ismét visszaveretik, és így tovább. Mivel a különböző színű gyűrűk majd sűrűbben, majd pedig ritkábban következnek egymásra, nyilván való, hogy a távolságok, melyeknél a fénynek az átérésztésre vagy visszaverődésre való alkalmazkodása szakaszosan bekövetkezik, a különböző színekre nézve különbözők; ebből továbbá következik, hogy a fehér fénynél a gyűrűk nem lehetnek fehérek, mivel a fehér fényt alkotó egyes színek csak részben fődik egymást, a gyűrűk szélei tehát színesek; továbbá könnyű belátni, hogy teljesen homogén fénynél korlátlan számú gyűrűknek kell keletkezniök, holott a nem homogén

fénynél a színes gyűrűk száma annál kisebb lesz, minél kevésbbé homogén a fény.

Már most azt lehetne kérdezni, mi okozza azt, hogy ugyanaz a fény egyszer könnyebben megy át, másszor pedig könnyebben veretik vissza? Mivel Newton a törést és visszaverődést a vonzásra és taszításra alapítja, alig lehet elképzelni, hogy miért szenvedjen ugyanaz a fény szakaszos vonzást és taszítást; ezt, úgy látszik, Newton is belátta, mert az alkalmazkodás kimagyarázására ismét egy új hipotézist vett föl, a melylyel azonban a dolgot még homályosabbá tette, minélfogva jogosúltsága van Arago eme szigorú ítéletének: "Nem akarok a könnyebb átmenet és a könnyebb visszaverődésre való alkalmazkodásnak sokszor tárgyalt elméletéről szólni, mert bevallom, hogy ez az elmélet nekem mindig csak úgy tetszett, mint a tüneményeknek a köz nyelvre való lefordítása; a szó szoros értelmében véve a tünemények egyikét sem magyarázza meg". Épen ezért az elmélet ellen tett kifogásokat hallgatással mellőzhetjük.

Newton azt tapasztalta, hogy a színgyűrűkhöz hasonló tüneményeket vastagabb, síma és átlátzó lemezeken is lehet észlelni. A tünemények ezt a csoportját ép úgy értelmezte, mint a vékony lemezek színeit.

A testek természetes színeire vonatkozó vizsgálatok szintén az Optika 2-ik könyvében vannak leírva. Newton erre a tárgyra vonatkozó értekezését már 1676-ban terjesztette a Royal Society elé. Szerinte a testek természetes színei hasonló módon keletkeznek, mint a vékony lemezek színei. Értelmezéseit mellőzhetjük, mivel homályos voltukat nem is tekintve, az e tárgyra vonatkozó jelenlegi felfogásunktól, mely a fény abszorpczióján alapszik, teljesen eltérnek. Newton eme tárgynál az átlátszóság okait is kifejti; szerinte azok a testek átlátszók, melyeknek egész tömege egyenletesen sűrű; ellenben az át nem látzó testek részecskéi között nagyobb hézagok vannak, melyek a fényt többszörös belső reflexiók által megsemmisítik.

Az Optika harmadik könyvéről Arago így nyilatkozik:

"Azt hihetnők, hogy a harmadik könyv, mely a diffrakció törvényeivel foglalkozik, nem a Newton tollából folyt. A szerző itt határozottan tagadja, hogy a testek árnyékának belsejében színes csíkok keletkeznek, holott eme csíkok Grimaldi művében már előbb leíratlak, s az Optika híres szerzője ezt mindenesetre ismerte, mert idézi."

"Newton a külső csíkokat a legnagyobb gondal mérte meg és írta le; de midőn keletkezésüket kimagyarázandó, azt tette föl, hogy a testek közelében haladó sugarak kígyódzó mozgást vesznek föl, kikerülte figyelmét az, hogy még eme föltevés mellett sem adhat számot a testtől azon különböző távolságokban levő csíkok helyzetéről, melyeket a saját kísérletei tüntettek föl."

A harmadik könyv vége 31 kérdést tartalmaz az optikához tartozó különböző dolgokról. Newton ezekben a kettős törésről is szól, s bár ismerte Huyghens munkáját (mert idézi), még sem fo-



gadta el a Huyghens föltalálta törvényt, hanem ennek helyébe helytelent állított föl. Nemkülönben járt el a szintén itt fölemlített polározódással; mivel az emisszió-elmélettel nem boldogult, egy már többször alkalmazott eszközhöz nyúlt, t. i. a fényt ismét új tulajdonságokkal, pólusokkal ruházta föl, s bár evvel a dolgon mit sem lendített, csak arra adott alkalmat, hogy később Malus az optikát "a polározódás" műszóval gazdagítsa. Történelmi szempontból nem érdektelen, hogy Newton eme kérdésekben az emisszió- és a hülámelmélet között ingadozni látszik. A legjellemzőbbek a következő helyek:

"Ha két tágas és magas üveghengerben két hőmérőt úgy függesztünk föl, hogy az üveget ne érintsék, s a hengerek egyikéből a levegőt kiszivattyúzzuk s azután mind a kettőt a hidegebb helyről melegebbre visszük; akkor a légritkított térben levő hőmérő nem melegszik meg sem később, sem pedig nagyobb mértékben mint a másik. Tehát nem terjed-e a külső hő a légritkított térben egy a levegőnél sokkal finomabb

anyag rezgései által? Nem ugyanez a közeg-e az, melynek rezgései által a fény visszaveretik és töretik és a könnyebb transzmisszióhoz és reflexióhoz alkalmazkodóvá tétetik? Nem hatja-e át ez a közeg valamennyi testet s rugalmas erejénél fogva nem tölti-e be az egész univerzumot?" (18-ik kérdés.)

"Vajjon nincsenek-e a különböző sugaraknak különböző intervallumaik, s épen ez által nem idézik-e elő a különböző színek érzetét, úgy, mint a levegő rezgései különböző erősségük szerint a különböző hangok érzetét keltik föl?" (22-dik kérdés.)

"Ha egy hipotézist kellene fölvennünk, ennek olyannak kellene lennie, hogy ne csupán azt fejezze ki, mi a fény, hanem még azt is, hogy emez olyas valami, a mi az éterben rezgéseket szül. Mert így a hipotézis általánossá válik s a többi hipotézist magában foglalja, s újak fölállítására kevés alkalmat ad." (13-ik kérdés.)

Ha Newton-nak eme kérdéseit és az e tárgyra vonatkozó egyéb nézeteit egybevetjük, méltán mondhatjuk, hogy "talán Newton maga sem tulajdonította az emisszió-elméletnek azt a csalhatatlanságot, melylyel hívei azt később felruházták."

## XV. Newton egyéb fizikai dolgozatai.

Az akkori természettudományoknak nem volt olyan ága, melyre Newton figyelme ki nem terjedt volna. Chémiai, meteorológiai és geológiai nézetei a tudományok mai álláspontjából ítélve, legnagyobb részt elavúltak ugyan, tehát bátran mellőzhetjük azokat, de a fizika egyéb ágaiban itt-ott hátrahagyta nagy szellemének nyomait.

Optikájának főntebb idézett 18-ik kérdéséből kitűnik, hogy a mindent betöltő éternek nem csupán létét gyanította, hanem ezt amaz ágens hordozójának is tartotta, melyet jelenleg sugárzó hőnek nevezünk. Talán nem megyünk messzire, ha fölteszszük, hogy Newton a fény és a sugárzó hő objektív azonosságát is fölismerte. Azonban a fi-

zikára nézve jóval fontosabbak ama dolgozatai, melyekkel a hőtant tényleg gyarapította. Newton egy lenolaj-hőmérőt szerkesztett; állandó pontokul a víz fagyó pontját és (bár a forró pont állandóságát ismerte) az emberi test mérsékletét vette föl; az alaptávolságot 12 részre osztotta. A magasabb hőfokok mérésére vasrudat használt; ezt kitette a hőforrás hatásainak, azután pedig hidegebb helyre téve, megfigyelte azt az időt, mely eltelt, míg a rúd mérséklete a lenolajhőmérő által is mérhető alacsonyabb hőfokra süllyedt. Hogy aztán az eredeti hőfokra következtethessen, azt a törvényt állította föl, hogy az a hőmennyiség, melyet valamely test igen rövid idő alatt elveszít, arányos a test melegségével. E kihülési törvényből matematikai úton továbbá azt következtette, hogy a mérsékletek természetes logaritmusai az idővel arányosak.

A vasrúd mérsékletének mérésére könnyen olvadó ötvényeket is használt. A két rész ólom, három rész ón és öt rész bizmútból álló Newton

használta ötvény jelenleg is Newton-félének nevezetik.

Amontons az imént vázolt eljárást helyesnek nem tartván, a kísérletet úgy rendezte be, hogy a vasrúdnak csak az egyik végét tette ki a hőforrásnak, s ezután léghőmérőjével a rúd különböző pontjainak mérsékletét meghatározta. Hogy a rúdnak az izzó vagy általában a nagyon meleg végének mérsékletére következtesen, föltette, hogy a mérsékletek a rúd izzó végétől számított hosszúságokkal fordított viszonyban vannak. Mivel ez a törvény nem egyezik meg a Fourier-től elméletileg levezetett s több experimentátortól kísérletileg igazolt hővezetési törvénnyel (mely szerint ha a távolságok számtani arányban növekednek, a mérsékletek mértani arányban fognak), nyilván való, hogy Amontons módszerének elve helytelen volt, tehát nem volt oka, hogy Newton eljárását ócsárolja.

Newton idejében már foglalkoztak a mágnesi távolság-hatások törvényével. Newton a Hawks-

bee, Brook Taylor és Whiston ide vonatkozó kísérleteiből azt az általánosnak képzelt törvényt vezette le, hogy a mágneseknek egymásra gyakorolt hatása fordított viszonyban van a távolság köbével, mely törvény, mint Gauss vizsgálataiból tudjuk, csak akkor áll, ha valamely mágnesrúd-nak mindkét sarka hat valamely tűre.

XVI. Newton érdemei a matematikában. - Vitéja Leibniz-czel.

- Chronológiája. - Összes műveinek kiadásai.

Szinte sajnáljuk, hogy Newton-ban csak a fizikust kell tekintetbe vennünk, mert az, a mit a matematika terén tett, méltán vetekedik fizikai munkáival, s ha Newton munkáit abszolút fontosságuk mértéke által kiszabott sorrend szerint akartuk volna elemezni, akkor matematikai műveit, ha talán nem is a gravitáció elmélete előtt, de rögtön utána kellett volna előterjesztenünk.

Hogy a dologra térjünk s hogy hosszabb diszkusszió nélkül rá mutassunk Newton dicsőségének eddig föl nem említett jogczímére, csak

azt kell mondanunk, hogy ő feltalálója ama tudománynak, melyet infinitezimális kalkulusnak, vagy tágasabb értelemben felsőbb elemzésnek, vagy végre felsőbb matematikának nevezünk. E tudomány feltalálása oly nagy haladást idézett elő, még pedig nemcsak az önmagában tekintett matematikában, hanem épen ez által a természettudományokban is, hogy a régiek iránt tartozó hálánk csorbítása nélkül mondhatjuk, hogy matematikai alkotásaik az új tudomány által elért eredmények mellett kicsinyeseknek látszanak.

Már eddig is volt elég alkalmunk átlátni, hogy miként kell a "feltaláló" szót felfognunk. Nincs olyan nagy találmány, mely bizonyos személynek vagy bizonyos kornak kizárólagos tulajdona volna. Így, ha az infinitezimális módszer keletkezését fürkészszerűen, annak első nyomait minden nehézség nélkül - s jogosabban mint más találmányokét - visszavezethetjük az ókorra. A görögök exhauszcziós módszere ép oly jogos igényt tarthat arra, hogy a felsőbb elemzés kezdetéül tekintessék, mint Cavalieri módszere, vagy azok az

egyes mesterfogások, melyeket a régibb és újabb matematikusok egyes fogósabb feladatoknak megfejtésére vagy az egynemű feladatok egész csoportjára egyaránt alkalmaztak.

Newton ismerte föl először fontosságát amaz általános módszernek, mely a változó mennyiségek növekedéseiből képezett viszony határértékének fölkeresésében áll; ő mutatta meg először, hogy miként lehet ezt a módszert a matematikai tudományok különböző ágaiban gyümölcsözővé tenni.

Nem célunk, hogy Newton matematikai műveit történelmi szempontból elemezzük, csak a felsőbb kalkulus feltalálására vonatkozó egypár olyan adatot akarunk előterjeszteni, melyek Newton élet- és jellemrajzát némileg ki fogják egészíteni. A felsőbb elemzés feltalálásának kérdése, mindamellett hogy avval Euler, Lagrange és Laplace is foglalkoztak, egyike a matematika története legkényesebb kérdéseinek, a melynek megvitatása messze túl menne munkánk célján.



Newton-nak dicsőséget meg kellett osztania Leibniz-czel, ki ugyan későbben és más úton járva, lényegében véve ugyanazt a módszert találta föl. Newton a fluxió-módszer eszméjével már 1665 vagy 1666-ban foglalkozott, Leibniz pedig az ő módszerét (*Nova methodus pro maximis et minimis*) 1684-ben a lipcsei *Acta Eruditorum*-ban tette közzé. A heves vita, mely ezután keletkezett, jó részt Newton ama szokásának tulajdonítandó, hogy találmányait hosszú időközön át titokban tartotta.

Leibniz értesülvén Newton-nak a végetlen sorok segítségével elért eredményeiről, ezeket megismerni óhajtotta, s kérelmével Oldenbourg titkárhoz fordult. Ez utóbbinak fölhívására Newton (1676. jun. 23.) a különféle sorok kifejtését (bizonyítások nélkül) Leibniz-czel levélben közölte. Leibniz ugyanazon év augusztus havában válaszolt s kifejezte Newton módszerének általánossága fölötti kételyeit, mire Newton módszerének lényegét anagrammában közölte.

Leibniz a következő év jun. 21-én kelt válaszában nyíltan és nem anagrammában közölte az ő infinitezimális módszerét, s Newton nemcsak hogy a közlötteken meg nem ütközött, hanem még az 1687-ben megjelent Phil. naturalis-ban (II. könyv, 7-ik propos.) Leibniz jogait is elismerte. Egyik félnek sem jutott eszébe, hogy a másíknak szemrehányásokat tegyen, s csak 1699-ben indult meg a vita, a mikor is Duillier egyik értekezésében Leibniz-et vádolta, s az első feltalálónak Newton-t mondotta, mire Leibniz viszonylásában Newton leveleire s a Phil. naturalis-ban nyilvánított ítéletre hivatkozott. A vita újra elcsöndesült, de midőn 1704-ben az Acta Eruditorum szerkesztői a fluxió-módszer és az infinitezimális kalkulus között fönnálló analógiát előtűntették, az angol írók felháborodtak és Keill a Philos. Transactions-ben nyíltan kijelenté, hogy Newton első feltalálója a fluxió-s módszernek, s hogy Leibniz ezt egyszerűen elsajátította s csak a módszer nevét és a jelöléseket változtatta meg. De már ez a támadás sokkal keményebb volt,

sem hogy azt Leibniz nyugodtan tűrhette volna, s magát tisztázandó, fölkérte a Royal Society-t, hogy az ügyet vizsgálná meg. Azonban a Royal Society, melynek elnöke ekkor Newton vala, nem volt részrehajlatlan fórum, s ünnepélyesen igazat adott Newton-nak s a vitás kérdésre vonatkozó leveleket 1712-ben *Commercium epistolicum* cím alatt kiadta. E pillanattól kezdve a két tudós között addig fennálló jó viszony teljesen felbomlott. Newton elkeseredésében annyira ment, hogy Leibniz-re ráfogta, miszerint módszere azonos Barrow érintős módszerével, s így akarata ellenére Barrow-t nyilvánítá az első feltalálónak. Sőt elkeseredése Leibniz-nek 1717-ben bekövetkezett halála után sem szűnt meg, mert Leibniz-nek két levelét csípős megjegyzések kíséretében nyomatta ki s azt mondá, hogy e levelek korábban való közzétételét csupa szánalomból halasztotta el. Végre, hogy egyebet ne említsünk, 1725-ben a *Phil. naturalis* 3-dik kiadásából azt a bizonyos helyet, mely a Leibniz javára bi-

zonyított, de a melyet később a maga javára értelmezett, egyszerűen kihagyta.

Az újabbkori legjelesebb matematikusok közül senki sem helyeselte a Royal Society ítéletét. Dühring, a ki legkevésbé sem hajlandó, hogy a feltalálás érdemét Leibniz-nek tulajdonítsa, csak annyit mondhat, hogy Leibniz ellen "a bizonyossággal határos valószínűség" bizonyít.

Az utókornak Newton iránt való hálája nem tartozik tudomást venni Newton-nak a vetélytársa elleni - túlbuzgó barátok által élesztett - indulatáról; érdemei azokon a tényeken nyugsznak, melyekkel a tudományt gazdagította.

A lángész, mely korszakalkotó működésével századok elismerését vívja ki, bármit alkosson, figyelmünket működésének mindegyik ágára vonja. Ez oknál fogva nem mulaszthatjuk el, hogy Newton chronológiai művéről pár szóval meg ne emlékezzünk.

Ezt a munkát soha sem akarta publikálni. Egy ízben, midőn a tudományok haladása iránt nagy-

ban érdeklődő Galles hercegnővel történelmi tárgyakról beszélgetett, előadta chronológiai rendszerét, melyet már régebben - szórakozás kedvéért - állított föl. Newton rendszere annyira megtetszett a hercegnőnek, hogy annak másolatát elkérte, mibe Newton csak az alatt a föltétel alatt egyezett bele, hogy az iratot mással közölni nem fogja. De később Newton maga Conti abbénak egy másik másolatot adott. Conti, alig hogy Párisba jött, a munkát nyilvánosan ismertette és Fréret jegyzetei kíséretében Newton tudta és beleeegyezése nélkül kinyomatta (1725). Newton, hogy művét jobb színben tüntesse föl, kényszerülve volt, hogy már most maga is gondoskodjék művének kiadásáról, de a kiadást már csak előkészíthette. A chronológia Newton halála után, 1728-ban jelent meg; Conduitt adta ki a következő címmel: *Chronologie of ancient Kingdoms amended, to which is prefixed a short Chronicle, from the first memory of things in Europe to the Conquest of Persia by Alexander the Great*, London, 1728.

Ez a mű, mint mindegyik, mely Newton-t vallotta szerzőjéül, nagy föltűnést keltett. Angliában Whiston, Franciaországban pedig Fréret és Soucier támadták azt meg, ellenben a híres Halley pártját fogta.

Newton, mellőzve a bibliát, csak a világi történelem chronológiájával foglalkozik. A mű a következő hat fejezetre oszlik: A görögök; Az egyiptomi birodalom; Az asszír birodalom; A babyloniaiak és a médek birodalma; Salamon templomának leírása; A perzsák birodalma.

A műről Daunou alapos tanulmányt irt. Newton rendszere az asztronómián alapszik: támaszkodva Chiron-nak az argonauták által használt állítólagos tekéjére, melyen az aequinokcziális pontok és a szolsticziумok kijelölvék, továbbá Meton észleletére (432 K. e.), mely szerint a mondott pontok azóta hét fokkal hátráltak, Newton kimutatta, hogy az argonauták expedíciója K. e. a 936-ik évben volt. Ugyanis egy foknyi hátrálásnak 72 év, tehát hét foknak 504 év felel

meg, a mi Meton észleletének évszámához adva, 936-ot ad. Chronológiájának egyes időszakait erre a számra vezeti vissza, tehát a rendszer megtámadóinak csak a Chiron tekéjének hitelességét kellett megcáfolniok, a mi nem volt nehéz feladat, mert Newton alapos indító okok nélkül föltette, hogy az Eudoxus és Aratus által leírt teke azonos Chiron tekéjével, pedig az sem bizonyos, hogy ez az utóbbi teke valaha létezett, minélfogva Newton rendszerét maga az alapja ingatja meg.

Newton-nak összes műveit 1744-ben Castillon adta ki (Lausanne és Genf, 3 köt. 4-o). Mivel ez a kiadás nem volt teljes, Horsley 1779-től 1785-ig Newton összes műveinek díszkiadását rendezte (5 köt. 4-o). Talán Newton munkásságának áttekintését könnyítjük meg, ha ez utóbbi kiadásnak tartalomjegyzékét közöljük.

Első kötet (1779).

I. Arithmetica universalis.

II. Tractatus de Rationibus primis ultimisque.

III. Analysis per aequationes numero terminorum infinitas.

IV. Excerpta quaedam ex epistolis ad series fluxionesque pertinentia.

V. Tractatus de Quadratura curvarum.

VI. Geometria analytica sive specimina artis analyticae.

VII. Methodus differentialis.

VIII. Enumeratio linearum tertii ordinis.

Második kötet (1779).

Philosophiae naturalis principia mathematica.  
- In hoc tomo continentur: Principiorum libri priores duo, de motu corporum.

Harmadik kötet (1782).

I. Principiorum liber tertius, de systemate mundi.

II. De mundi systemate.



III. Theoria lunae.

IV. Lectiones opticae. Annis 1669, 1670, 1671, in scholis publicis Cantabrigiensium ex cathedra Lucasiana habitae.

Negyedik kötet (1782)

I. Optics.

II. Letters on various subjects in natural philosophy, published from the originals in the archives of the Royal Society of London.

III. Letter to Mr. Boyle on the cause of gravitation.

IV. Tabulae duae, Colorum altera, altera Refractionum.

V. De Problematibus Bernoullianis.

VI. Propositions tor determining the motion ot a Body urged by two central forces.

VII. Four letters to Dr. Bentley.

VIII. *Commercium epistolicum de varia re mathematica inter celeberrimos praesentis seculi mathematicos: Isaacum Newtonem, Isaacum Barrow, Jacobum Gregorium, Johannem Wallisium, J. Keillium, J. Collinium, G. Leibnizium, H. Oldenburgum, F. Slusium, et alios, Jussu Societatis regiae in lucem editum et jam una cum reensione praemissa insignis controversiae inter Leibnizium et Keillium de primo inventore methodi fluxionum; et judicio primarii, ut ferebatur, mathematici subjuncto, iterum impressum.* A. D. 1725.

IX. *Additamenta commercii epistolici ex historia fluxionum Raphsoni.*

*Ötödik kötet (1785).*

I. *The Chronologie of ancient kingdoms amended.*

II. *A short chronicle from a M. S. the property of the Rev. Dr. Ekins, Dean of Carlisle.*

III. Observations upon the Prophecies of Holy Writ; particularly the Prophecies of Daniel and the Apocalypse of S. John.

IV. An historical account of two notable corruptions of Scripture. In a letter to a friend.

A Horsley kiadása sem teljes egészen. Newton-nak összes értekezései, műveinek kiadásai, a fordítások, kivonatok stb. a londoni Bibliographers Manual-ben vannak felsorolva (2. kiad., 1861., p. 1672). Newton-nak Cotes-sel váltott levelezését addig ki nem adott több okirat kíséretében Eddleston adta ki 1850-ben Cambridge-ben.

# HALLEY

## I. Halley élete. - Asztronómiai fölfedezései.

Edmund Halley 1656 nov. 8-án a London közelében fekvő Haggerston-ban született. Atyja jómódú szappanos volt. Ifjúságáról csak annyit tudunk, hogy a matematikai tudományok iránti hajlamai korán fejlődtek, mert már 16 éves korában, a mikor is a londoni Szt.-Pál iskolába járt, különös szeretettel foglalkozott a napórák készítésével és a mágnes megfigyelésével.

1673-ban, tehát 17 éves korában, atyja őt az oxfordi Queen's-college-be küldötte, hol az algebra és a geometria mellett a latin, görög és héber nyelveket egyaránt fényes eredménynyel tanulta. Atyja, hogy az ifjúnak kedvét éleszsze, fizikai és asztronómiai eszközökből álló kis gyűjteményt is vásárolt neki. Angol szappanostól az ilyesmi is kitelik.

Az asztronómia Halley-nek csakhamar kedves tudományává lett. 1676-ban e tudományban any-

nyira otthonos volt, hogy a Philosophical Transactions-ben közzétette a napfoltokra vonatkozó, Flamsteed-del Oxfordban tett megfigyeléseit, melyek a Nap tengelye körüli forgásának az addigiaknál pontosabb meghatározását eredményezték.

Még többet is mondhatnánk Halley-nek amaz asztronómiai munkálatairól, melyeket már ifjúkorában hajtott végre, de mivel őt első sorban mint fizikust akarjuk bemutatni, asztronómiai érdemeinek csak legkiválóbbjairól fogunk szólni.

Halley csakhamar belátta, hogy az asztronómia haladása okvetetlenül megkívánja a csillagos ég pontos ismeretét. Mivel az északi égboltozat csillagainak meghatározása már amúgy is folyamatban volt, elhatározta, hogy Tycho meghatározásait kiegészítendő, figyelmét a déli égre fogja fordítani. E végből 1676 novemb. havában Szt.-Ilona szigetére utazott. II. Károly király és a Keletindiai Társulat őt hathatósan támogatták.

Az expedíció eredménye nem volt olyan fényes, mint Halley reménylette. Sűrű ködtömegek borították az eget, melyet átvizsgálni a leghőbb vágya volt. Fáradtsága nem maradt ugyan eredmény nélkül - a többi között megfigyelte a Merkúr átvonulását a Nap előtt - mégis az éghajlati viszonyok s egy adminisztratív magasabb hivatalnoknak folytonos zaklatásai által lehangolva, egy évi távollét után visszatért Angolországba. Utazásának legfontosabb eredménye egy csillagkatalógus, a *Catalogus stellarum australium* volt. E műben királyának dicsőségét is meg akarta örökíteni: egy csillagzatot *Robur Carolinum*-nak azaz Károly tölgyfájának nevezett, ami czélzás volt amaz üres tölgyre, melybe II. Károly a worcesteri herczeg veresége után Cromwell csapatai elől menekült.

A Royal Society a 22 éves Halley-t tagjává választotta. Tekintélye folytonosan növekedett; Flamsteed őt a dél Tycho-jának nevezte. A Royal Society Danzigba küldötte, hogy a Hevel és Ho-

oke közötti vitát, melyről már szólottunk, eldöntse.

Halley a mágnesű deklinációjáról egy értekezést tett közzé. Az eme tárgyra vonatkozó elméleti vizsgálatai kíváncsossá tették, hogy a déli vidékek földmágnességi viszonyaival is megismerkedjék. Az angol kormány, mely Halley vizsgálataiból a hajózásra nézve praktikus hasznót vélthúzhatni, Halley tervét hathatósan támogatta, s egy hajót bocsátott rendelkezésére, a király pedig hajós-kapitánynyá nevezte ki.

A hajó, Halley fővezérlete alatt, 1698 nov. 3-án indult el; azonban a kiütött nyavalyák és a hajó alparancsnokának engedetlensége miatt már 1699 július elején vissza kellett térnie Angolországba.

A kormány az engedetlen hadnagyot elmozdította s Halley új legénységgel 1699 szept. 16-án újra elvitorlázott. Miután az Azóri, a Zöldfoki és a Kanári-szigeteket, továbbá Afrika és Dél-Amerika partjainak egyes pontjait meglátogatta, vizs-

gálatait az Atlanti tenger messzefekvő déli vidékeire terjesztette ki; míg végre a déli szélesség  $52^{\circ}$ -nál a roppant jégtömegek visszatérésre kényszerítették. Halley 1700 szept. 7-én érkezett meg hazájába, a nélkül, hogy a hosszú és fáradságos úton legénységéből valakit elvesztett volna.

Ez az út a tudományra és Halley személyére nézve egyaránt hasznos volt. Az előbbeni az első deklináció-térképpel gazdagított, az utóbbi pedig egy hajóhad parancsnokának címét s félfizetését mint élethossziglani járandóságot nyerte.

A király 1701-ben megbízta Halley-t, hogy a calais-i csatorna térképét fölvegye, mit Halley az akkori készülékek megengedte pontossággal meg is tett.

Halley nevét eredményei európaszerte tiszteltté és becsültté tévék. Lipót császár Anna királyné által megkérlette őt, hogy egy, az Adriai-tengerben építendő kikötő ügyében tanácsát adná és véleményét fejezné ki. Halley 1702-ben személyesen elment Isztriába; innét Bécsbe rándult, hol is



a császár által kitüntetéssel fogadtatott. Bécsből Hannoverán át visszautazott Angolországba, de később még egyszer elment Ausztriába, hogy a trieszti kikötő megerősítésénél tanácsaival közreműködjek.

1703-ban, Wallis halála után, Oxfordban a matematika tanárává lett, 1713-ban pedig a Royal Society titkárává neveztetett ki. 1720-ban, Flamsteed halála után, a greenwichi csillagvizsgáló igazgatójává lett. Ő volt a második, ki ezt a fontos állást betöltötte; hivatalát elődjéhez méltó dicsőséggel haláláig vezette.

Az utolsó kitüntetés 1729-ben érte, a mikor a párisi akadémia külső tagjául megválasztatott.

Halley 1742 január 25-én, 86 éves korában Greenwichben halt meg.

Halley, a hol csak megfordult, mindenütt a ritka tehetségű tudós és a szeretetreméltó ember emlékét hagyta maga után. Nagyszámú műveiben ellenfeleiről mindig a megillető elismerés és méltányosság hangján szól; hazafisága soha sem

csábította el őt arra, hogy a külföldiek iránt tartózkodó elismerésről megfeledkezzék.

Halley a nálánál 14 évvel idősebb Newton-nak benső barátja volt, s mindamellett hogy ő túlságosan skepszises, Newton pedig nagyon is vallásos érzületű volt, barátságukat mi sem zavarta meg. Halley-nek a gravitáció elméletéhez való viszonyát már említettük; a közötte és Newton között fönnálló benső viszony föltüntetésére csak azt akarjuk újra fölemlíteni, hogy. Newton az ő biztatásai folytán határozta el magát arra, hogy a *Philosophia Naturalis*-t közzétegye, s ő volt a híres mű első kiadója. Latinul írt nagyszámú jeles költeményeinek egy részével Newton találmányait dicsőítette. E költemények egynémelyike a *Philosophia naturalis* 1713-diki kiadásának elején olvasható. "E verseket minden hozzáértő becsüli és szükség esetében arról is tanúskodhatnak, hogy a matematikai tanulmányok sem a kedélyt sem a képzelő tehetséget meg nem zsibbasztják."

Halley asztronómiai vizsgálatai közül dicsőségét egyik sem gyarapította oly nagy mértékben, mint az üstökösökre vonatkozó. Newton elmélete alapján 24 üstökösnek pályáját számította ki. Kimutatta, hogy az 1531-, 1607- és 1682-iki üstökös egy és ugyanaz az égitest, melynek pályája sem hiperbola, sem parabola, hanem ellipszis, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll; kimutatta, hogy ez az üstökös zárt pályáját 75 év alatt futja be, tehát előre megmondhatta, hogy az üstökös 1759-ben újra meg fog jelenni.

Az előre mondott esemény bekövetkezte által az üstökös periodicitása ki volt mutatva; ugyanaz az üstökös 1835-ben is megjelent.

Itt azonban meg kell említenünk, hogy a korak félszekségei alól Halley sem tudta magát teljesen emancipálni. Így például azt hitte, hogy az 1680-iki üstökös volt a vízözön okozója, továbbá, hogy a világ harmoniájával össze nem egyeztethető, hogy a Hold, mint mellékbolygó, nagyobb lehetne Merkúr főbolygónál, s hogy Vé-

nus, hold nélküli bolygó létére, nagyobb lehetne a jelentékeny tömegű Hold által kísért Földnél.

Halley mondotta ki, hogy a Merkúr és Vénusz átmenetei a Föld és a Nap közötti távolság meghatározására szolgálhatnak, bár ez az eszme, mint Hooke-nál említettük, nem kizárólag az övé.

1718-ban azt találta, hogy az állócsillagok némelyike (az Aldebaran a Bikában, az Arcturus a Bootesben, a Sirius a Nagy Kutyában) önálló mozgással bír, de csak szélesség szerinti helyzetváltozásokat észlelt.

Szólhatnánk még egyéb fölfedezéseiről, melyek által fontos vizsgálatok útját egyengette, azonban térjünk át Halley-hez, a fizikushoz.

II. Barométeres magasságmérés. - A barométerállás változásai. - A szelek elmélete.

Ha valamely kiváló tehetségű férfiú a sors ama kedvezményében részesül, hogy a tudomány érdekeit az emberi kor legszélső határáig törhetet-

len erővel szolgálhatja: előre is bizonyosak lehetünk abban, hogy az általa elért eredmények nem szorítkoznak az emberi tudás egy bizonyos körére, hanem hogy szellemének nemes gyümölcsei a tudás kertjében számtalan gyümölcstermő fára oszlanak szét.

Így áll a dolog Halley-vel is. Az a 78 értekezés, melyekkel a Philosophical Transactions-t gyarapította, nemkülönben többrendbeli önálló munkái és fordításai, melyekkel a tudományok terjesztését mozdította elő, már számuknál fogva is imponálnak s előre sejtetik velünk, hogy az exakt tudományoknak igen nagy körét ölelik föl. S valóban Halley szellemének nyomait a fizikának majdnem valamennyi ágában föllelhetjük, azonkívül ahhoz is értett, hogy miképen kell az izoláltaknak látszó egyes tüneteményeket a nagy természet háztartására kiterjeszteni és földgömbünk életjelenségeire alkalmazni.

Halley a fizikát nem gazdagította ugyan korszakalkotó dolgokkal, de működésével mindenütt

nagyot lendített e tudomány ügyén. A csecsemőkorukat élő elméletek nagy részét ha nem emelte is a tökéletesség utolsó fokára, de ehhez a végső ponthoz tetemes közelségbe vitte.

A barométeres magasságmérés első alapját Mariotte vetette meg, mivel Hooke, mint sok más vizsgálatánál, úgy itt is, befejezett eredményre nem juthatott. Halley nem haladt a Mariotte kijelölte tisztán fizikai úton; elméletét geometriai alapra fektette.

Elméletének alapelve a következő. A Mariotte törvényét, mint tudva van, úgy is kifejezhetjük, hogy a feszítő erők és a megfelelő térfogatok szorozmányát állandónak mondjuk; ha mármost valamely derékszögű rendszerben a feszítő erőket abszczisszákkal, a megfelelő térfogatokat pedig ordinátákkal jelöljük, akkor a Mariotte törvénye egyenoldalú hiperbolának a végérintőire vonatkozó egyenletet képviseli, és két abszczissa között levő ordináták összege, vagyis a megfelelő hiperbolaívhez tartozó terület a feszítő erők

különbségének megfelelő magasság-különbséget képviseli. Mivel pedig a hyperbola-ív területe arányos az abszcisszák logaritmusaik különbségével, Halley egyszerűen azt következtette, hogy két észlelő hely magasság-különbsége arányos a megfelelő feszítő erők logaritmusaik különbségével, s evvel levezette azt a leg-elegyszerűbb képletet, melyet elemi tankönyveinkben is - persze, hogy más uton levezetve - fölta-lálhatunk.

Halley az imént előadott tárgyra vonatkozó ér-tekezését 1686-ban tette közzé. Azt kellene hin-nünk, hogy eljárásának szabatossága azonnal kö-zelismerésben részesült, azonban utána még so-káig helytelen képleteket használtak, sőt a híres Bernoulli Dániel is az 1738-ban kiadott Hydrodynamiká-jában helytelen képletet állított föl.

Halley képletét Bouguer használta először az 1749-ben Peruban végrehajtott magasságméré-seinél.

Halley képlete által a barométeres magasságmérés elmélete - legalább elvi szempontból - be volt fejezve, mivel az e tárggyal foglalkozó későbbi analitikusoknak (Laplace, Poisson, stb.) nem maradt egyéb teendőjük, mint hogy Halley képletét a hőmérséklet, a nedvesség és a nehézségi erő változásainak tekintetbe vételével korrigálják.

Kevesebb sikere volt Halley-nek a barométerállás változásai okainak kiderítésében. Itt körülbelül a Mariotte álláspontját foglalta el, azaz a változásokat főképen a szelek irányának tulajdonította. Szerinte a levegő nyomása a szelek vízszintes sebessége által kisebbittetik, mely állítás Hawksbee-t, a Royal Society experimentátorát (curator of experiments) arra készítette, hogy a Halley nézetéről kísérleti úton is meggyőződjék. Hawksbee egy nagy golyóba szorított levegőt szűk nyíláson át a barométer edénye fölött ki hagyott áramlani, s valóban a barométerállás 2 hüvelykkel esett. Csakhogy evvel a kísérlettel az volt kimutatva, hogy az áramló levegő mozgása



által a csőnek vagy edénynek falaira gyakorolt oldalnyomás kisebbsítettik, nem pedig a Halley nézete; mert a barométer szeles időben esetleg akkor is eshetik, ha a készüléket a szobába téve a szélről megóvjuk.

Halley-nek a légnyomás változásairól való nézetei nagyobb figyelmet keltettek, mint a magasságmérési képlete; a kérdéssel nagyon sokan foglalkoztak, de a kinyilvánított nézetek értéke vajmi csekély vala. Így például Lister, Anna királyné orvosa (1638-1712), azt mondotta, hogy a változások oka a kénesőben van; Woodward cambridgei orvos és tanár (1665-1728) pedig az *Essay towards a natural philosophy of the earth*, Lond. 1695. című művében azt állította, hogy a levegő nyomását a föld belsejéből időközönként kiiramló gőzök csökkentik. Ez az állítás nagyon merész ugyan, de annál szebb összhangzásban van Woodward-nek avval az általánosabb nézetével, hogy valamikor az egész Föld szilárd kéreggel bevont víz-gömb vala, s midőn a felsőbb hatalmak intézkedése folytán a kéreg beszakadt, beál-

lott a vízözön. De la Hire, Leibniz, Mairan stb. nézetei szintén nem feleltek meg a valóságnak.

Egy másik fontos tárgy, melyre Halley figyelme kiterjedt, az állandó, nevezetesen a passzát-szelek elmélete volt.

E szelek a következő módon jönnek létre: az egyenlítő tájékán a légkör a Nap függélyes sugarai által jobban megmelegíttetik mint a sarkok tájékán a Napnak ferde sugarai által; a megmelegített levegő kitágul, fölemelkedik, helyét a sarkvidékektől oda áramló hidegebb levegő foglalja el, míg a meleg levegő a sarkvidékek felé áramlik. Az alsó hideg áram, a passzát-szél, a sarkoktól az egyenlítő felé, a felső meleg áram, az antipaszszát-szél pedig az ellenkező irányban halad. Azonban a szelek irányai a Föld mozgása által módosíttatnak; a hidegebb levegő oly helyekről jő, hol a Föld forgási sebessége csekélyebb; tehát tehetetlenségénél fogva a Föld mögött nyugat felé elmarad, minélfogva a szél iránya tulajdonképpen északkeleti lesz (az északi félgömbön); az el-

lenkező történik a felső árammal; ez, mivel oly helyről jön, hol a Föld forgási sebessége nagyobb, ugyancsak tehetetlenségénél fogva nem fog egyenest észak felé tartani, hanem a Föld forgási irányában kelet felé előre siet, tehát dél nyugati szél jó létre. A déli félgömbön hasonló okoknál fogva a passzát-szél délkeletről, az anti-passzát-szél pedig északnyugatról fúj.

Halley magyarázata az imént előterjesztett s jelenleg általánosan elfogadott magyarázattal teljesen ellenkezik; szerinte a Nap ott melegíti meg legjobban a levegőt, a hol éppen delel; ott tehát a levegő fölemelkedik s helyét a mindenünnen oda tóduló hideg levegő foglalja el. De mivel a Nap keletről nyugat felé halad, ugyanebben az irányban több levegő áramlik, mint az ellenkezőben. Halley szerint az egyenlítőnél a leghevesebb áramnak kellene lennie, a mi a valósággal teljesen ellenkezik, mivel az egyenlítőnél passzát-szelek nincsenek s a föntebbi magyarázat szerint nem is lehetnek, mert az egyenlítőnél az északról és a délről érkező passzát-szelek összetorlódnak.

De hát kitől ered a maiglan is helyesnek tartott föntebbi magyarázat?

George Hadley volt az, ki azt 1735-ben a Phil. Transactions-ban közzétette, s hogy azt később mégis Halley-nek tulajdonították, ez valószínűleg a rokonhangzású nevek fölcserélésének tulajdonítandó.

Hadley elmélete, mely a meteorológia egyik legfontosabb tana, nem részesült a kellő elismerésben. Sőt a berlini akadémia 1746-ban pályadíjat tűzött ki annak a kérdésnek megoldására, hogy mily irányt követnének a szelek, ha a föld vízzel teljesen be volna borítva. A pályadíjat d'Alembert nyerte el, ki a mérséklet-változásokat figyelembe se vette s a passzát-szél keletkezését a Nap és Hold attrakciójának tulajdonította, minélfogva a d'Alembert munkájának jelenleg már csak matematikai becsé van.

Halley-nek a passzát-szelek körül az az érdeme még is megvan, hogy ő volt az első, ki eme tüneteményeket megismertette, s e szeleket vala-

mint az Indiai-oczeánon uralkodó monszún nevű szeleket térképen is elötűntette.

### III. Halley optikai vizsgálatai.

A dioptriكا a fizikának az az ága, mely egy fizikai egyszerű törvényből, a sugártörés törvényéből kiindulva, magasabb spekulációt igénylő tárgyalások nélkül is fontos szerepet játszik.

A dioptriكا megelégszik egy alaptörvénynyel, a többi a geometria dolga; innét van, hogy a dioptriكا fejlődése független a fényelméletek fejlődésétől. De annál fontosabb szerepe van mint külső segítő eszköznek, s mint ilyen, nem csupán a fizika fejlődését támogatja, hanem a fizika köréből kilépve, az összes természettudományok szolgálatába szegődik.

Halley idejében a messzelátók már feltaláltak s Kepler már megalapította volt a dioptrikát ama szabályokkal, melyekkel az egyes lencsék gyűjtótávolságait kiszámította. A Kepler utáni kornak nem maradt egyéb feladata, mint hogy a

dioptriكا általános elméletét matematikailag megalapítsa.

Az első, ki a gyújtótávolságok kiszámítását egy általános szabályra akarta visszavezetni, Bonaventura Cavalieri volt, ki a matematika történetében is díszes helyet foglal el. Cavalieri az *Exercitationes geometricae sex, Bononiae* 1647. című művében egy általános szabályt vezetett le, mely szerint a gyújtótávolságok kiszámíthatók. Azonban Cavalieri még nem volt képes arra, hogy e szabályból az egyes lencsékre, mint különös esetekre vonatkozó szabályokat levezesse, minélfogva, miként Kepler, a szabály helyességét minden egyes esetre bizonyította be. Különben is, Cavalieri csak arra az esetre szorítkozott, midőn a sugarak a lencse főtengelyével párhuzamosak. A divergens és a centrális sugarak egyesülési pontját Barrow, Newton tanítója határozta meg, még pedig nagyon hosszadalmas és fárasztó geometriai módszerrel, külön-külön mindegyik lencsére.

A szóban forgó feladat általános megfejtése Halley érdeme.

A képlet, melyet Halley 1693-ban közzétett, egészen általános s kifejezi a bármely tárgy-távolságnak megfelelő kép-távolságot. Halley képletét jelenleg már senkisem tartaná ugyan tet-szősnek, de egyszerű átalakítások után, nevezete-sen, ha a lencse vastagságát elhanyagoljuk, visz-szavihető arra az alakra, melyet a tankönyvek a dioptri-ka alapképletének neveznek, s mely képlet azt fejezi ki, hogy a kép- és a tárgy-távolság visz-szás értékeinek összege egyenlő a lencse-fölül-etek sugarai visszás értékeinek különbségével, szorozva az egységgel kisebbített törési együtt-hatóval. Ez a képlet, melyet végtére Halley kép-letének nevezhetnénk s a melyet - ha a tárgy- és képtávolságokat a gyújtóponttól számítjuk - még jobban egyszerűsíthetünk, mint említők, csak ak-kor áll, ha a lencse korlátlanul vékony mindamel-lett, hogy már olyan elméletekkel rendelkezünk, melyek a lencsék vastagságának figyelembe vé-telével is rendkívül egyszerű képleteket adnak, a

Halley képlete még most is a legtöbb tankönyvben szerepel.

Megjegyzendő még, hogy Halley-nek az a képlete, mely kifejezi a képtávolságot, midőn a törő közeg csak egy gömb-felület által határoltatik, magában foglalja a gömbi tükrök képletét is, azaz kellő átalakítások után - ha a törési együtthatót a negatív egységnek vesszük - az utóbbi képletre visszavezethető.

Mindamellett, hogy Halley képlete az igényeknek teljesen megfelelt, David Gregory a két évvel később kiadott *Catoptricae et dioptricae sphaericae elementa*, Oxon. 1693. című művében mégis Barrow hosszadalmas módszerét követte.

Halley az optika történetében még egy nevezetes észlelet által is szerepel. Ugyanis 1716-ban egy bűvárharangban nagy mélységre leereszkedvén, kezeit egészen vöröseknek látta, miből azt következtette, hogy a tenger vize a zöld sugarakat visszaveri, de a vöröset áttereszti.

IV. A hőmérő. - Fahrenheit.



Amontons, Boyle, Guericke, Hooke és Newton egyaránt fölismerték a hőmérés fontosságát, s bár egyes vizsgálataikban az egyes anyagok kiterjedési viszonyaira is kiterjeszkedtek, még sem sikerült nekik egy a közhasználatra alkalmas, általánosan elfogadható hőmérési rendszert megállapítani, pedig a mérséklet mérésének elvével már mindegyikük tisztában volt.

Halley sem volt szerencsésebb ezen a téren, mi a legvilágosabban kitűnik abból, hogy a hőmérő állandó pontjaiúl a borszesz forró pontját és mély pinczék mérsékletét ajánlotta. A víz forrópontjának állandóságát ismerte ugyan, de a fagyópontban ő is csak úgy kételkedett mint Boyle. A kén-esőnek a hőmérők készítésére alkalmas voltát pedig egészen félreismerte, mivel kiterjedését, melyet épen úgy mint a vizét, kísérletileg meghatározni törekedett, nem találta eléggé szembeötlőnek. Ez annyival is inkább föltűnő, mivel ugyan csak ő jegyezte meg, hogy bármily csekély legyen is a kén-eső kiterjedése, a barométer-állásra mégis befolyással kell lennie.

Mivel a hőmérőn tett legfontosabb javítások a XVIII-ik század első felében befejeztettek, helyén lesz, ha eme javítások történeti menetét megismertetjük.

A javításnak igazi haladást tanúsító első lépése ott kezdődik, midőn az állandó mérsékleti pontok által kitűzött alaptávolság egyenletesen kiterjedő hőmérési anyag használata mellett, bizonyos számú, egymás között egyenlő részekre osztatott. E tekintetben Delancé-t illetné meg az elsőbbség, mivel az 1688-ban Amsterdamban megjelent *Traité des thermomètres etc.* című művecskéjében leírta, hogy miképen kell a hőmérő skáláját készíteni. Sajnos, hogy Delancé nem a Renaldini ajánlotta állandó pontokat: a víz fagyó és forró pontját, hanem az olvadó vajnak, mély pinczéknek s egyéb ilyes dolgoknak mérsékletét vette föl; minélfogva bizvást mondhatjuk, hogy a hőmérők javításának tulajdonképeni alapját Fahrenheit vetette meg.

Daniel Gabriel Fahrenheit 1686-ban Danzigban született s a kereskedői pályára szánta magát. A fizika iránti hajlamai miatt a választott pályáról csakhamar lelépett s ismereteinek kiegészítése végett Angol-, Francia- és Németországban többrendbeli utazást tett. Meghalt 1736-ban Hollandiában.

Fahrenheit korán foglalkozott hőmérők készítésével. Hőmérői eleintén borszeszhőmérők voltak s készítésükben oly nagy ügyességre tett szert, hogy e miatt a fizikusok körében közkedveltségnek örvendett. 1714-ben Wolf, halle-i híres tanárnak két különböző hosszú hőmérőt adott. Wolf nagyon elcsodálkozott e hőmérők egyenlő járása fölött, mindakettő egészen pontosan ugyanarra a fokra mutatott. Mivel eme tulajdonság akkoriban a hőmérők ritka erényei közé tartozott, Wolf azt az alkalmazott borszesz különös sajátságainak tulajdonította s a két hőmérőről az Acta Eruditorum-ban külön értekezést írt.

Fahrenheit csak 10 évvel később adta elő a skála készítésénél követett eljárását. Ez abból állt, hogy a hőmérőt jég és konyhasó vagy szalmiasó keverékébe tette s azt a pontot, melynél a borszesz megállapodott, zéruspontúl vette. Fahrenheit azt hitte, hogy ez a pont a természetben előforduló legnagyobb hidegnek felel meg, mely nézetében őt Boerhave, a XVIII-ik század leghíresebb orvosa is támogatta. Ezután a hőmérőt olvadó jéggel kevert tiszta vízbe mártotta, s azt a pontot, melynél a borszesz megállapodott, a jég olvadási pontjának nevezte, s az ily módon meghatározott két pont közötti távolságot 32 részre osztotta. A harmadik állandó pont az egészséges ember szájának vagy hónaljának mérséklete volt, mely a jég olvadási pontjától számítva 96 fokra mutatott. Miután Amontons irataiból megismerkedett a forró pont állandóságával, ezt a pontot vette föl fixpontúl s 212-vel jelölte. Ezt az utóbbi beosztást csak meteorológiai czélokra szánt hőmérőkön alkalmazta.

Fahrenheit-ről meg kell még jegyeznünk, hogy nem csupán a hőmérővel, hanem egyéb hőtani készülékekkel és kísérletekkel is foglalkozott; így például meghatározta a különböző folyadékok forró pontját, konstataálta, hogy a víz forró pontja a nyomással változik, s ő észlelte először, hogy csendes helyen a víz mérséklete a fagyó pontnál alább is leszállhat, a nélkül, hogy a víz megfagyna, de aztán a legkisebb rázás következtében hirtelen megfagy. Ő volt az első, ki öntudatosan szerkesztett thermobarométert, azaz olyan készüléket, melylyel a levegő nyomását és mérsékletét egyaránt lehet mérni; Végre az Accademia del Cimento tagjai s Hooke által módosított súly-araeométert javította s annak a jelenleg is használatos alakot adta.

Réaumur 1730-ban egy borszeszhőmérőt szerkesztett, melynek ismeretes skálája maig is az ő nevét viseli. De a Réaumur skáláját csak a francziák és az olaszok fogadták el, mivel mindegyik nemzet külön skálát akart, azonkívül sokat vitatkoztak a fölött, hogy a borszesz és a kéneső kö-

zül melyik az alkalmasabb hőmérő anyag. A leg-helyesebb útát Celsius, uppszalai tanár választotta, ki az alaptávolságot 100 egyenlő részre osztotta. A Celsius skáláját a svédek 1742 óta használják.

A borszeszhőmérők hírére nagy csorbát ütött Maupertuis, ki lapplandi utazása alkalmával a borszesz rendetlen kiterjedését észlelte. A kén-esőhőmérők előnyeit ezután mindinkább elismer-ték, de a különféle skálák használatában az egyetértés még napjainkig sem állott helyre, mindamellett, hogy Celsius skálája a tudományos használatban majdnem általánosan el van terjed-ve.

V. Halley mágnességi vizsgálatai. - Graham. - Az északi fény.

Halley-nek sokoldalú tudományos törekvései között jelentékeny helyet foglalnak el a földmág-nességre vonatkozó észleletei és elméleti vizsgálatai. E téren két értekezéssel s egy deklináció-térképpel örökíté meg nevét.

Az első értekezésben, mely 1683-ban jelent meg, összeállította a deklináció nagyságát az északi és déli félteke különböző pontjaira. Hogy a deklináció különböző értékei között bizonyos elméleti összefüggést mutathasson ki, elfogadta Gilbert földmágnességi elméletét, csak hogy a földmágnesnek Halley-nél négy sarka van, melyek a Föld asztronómiai sarkai közelében fekszenek. Magának Halley-nek is föltűnt emez állítás merész volta, mivel nem ismert olyan mágnes, melynek kettőnél több sarka lett volna, s hogy elméletét valószínűvé tegye, föltette, hogy a Föld belsejében egy koncentrikus gömb van, melyet a föld kérgétől valamely folyadék választ el, s a melynek éppen úgy mint a szilárd kéregnek, két önálló sarka van.

Az 1692-ben közzétett második értekezés az első folytatásának tekinthető, mert abban már a deklináció változásainak okaival foglalkozik. Szerinte a deklináció változása az által jó létre, hogy a Földben levő golyó mozog, minélfogva a

Földnek két nyugvó és két mozgó sarka lett volna.

Mindezekből kitűnik, hogy Halley érdemei nem annyira szerencsés elméletekből, mint inkább gondos észleletekből állanak; különös elismerést érdemel az az eszméje, hogy a deklinációt grafikailag előtüntesse. Az egyenlő deklinációval bíró pontokat folytonos vonallal kötötte össze, tehát az 1701-ben közzé tett térkép az izogon-vonalak rendszerét tüntette elő. Ez a térkép nemcsak azért becses, mert vele az izogon-vonalak helyzetváltozásait ítélhetjük meg, hanem azért is, mivel a fizikai geografiával foglalkozókat hasonnemű térképek szerkesztésére buzdította. Az első inkláció-térképet, vagyis az izoklin-vonalak rendszerét a svéd Wilcke tette közzé 1768-ban.

A XVIII-ik század eleje a földmágnességi vizsgálatokra nézve termékeny korszak maradna még akkor is, ha Halley-nek tevékenysége nem hagyott volna oly jelentékeny nyomokat maga



után. Kiváló figyelmet érdemelnek Graham észleletei. George Graham (1675-1751) korának egyik legügyesebb órása és műszerkészítője s e mellett elméleti tekintetben is oly kiváló készült-ségű férfiú volt, hogy a Royal Society őt tagjává választotta. Graham 1722-ben nagyszámú észleletei alapján fölismerte, hogy a deklináció-tű irányát egy nap folyamában úgy változtatja, hogy a deklináció bizonyos maximumot és minimumot ér el. Graham az inklináció változásait is észlelte, de a változásokat sokkal rendetlenebbeknek találta, semhogy azokból valami szabályszerű periodust fölismerhetett volna.

Graham a földmágnesség intenzitásáról is először alkotott tiszta fogalmat. Szerinte a mágnestű a Föld mágneses ereje miatt leng, épen úgy a mint valamely inga a Föld nehézségi ereje által leng. Sőt az intenzitás változásait is fölismerte, mert lengéskísérleteiből azt következtette, hogy a Föld mágneses ereje, úgy mint a nehézségi erő, állandó nem lehet.

Graham észleletei, mindamellett, hogy önmaga készítette nagyon pontos eszközöket használt, szabatosaknak még sem nevezhetők; ő csak a pontosabb észleleteknek s az ezekből vonható tapasztalati törvényeknek útját egyengette.

A XVIII-ik század elején végrehajtott mágnes-ségi vizsgálatok között nem utolsó helyet foglalnak el azok az elméleti kutatások, melyek az északi fény mibenlétének és keletkezése okainak földerítését tűzték ki céljukul.

Az északi fény, vagy helyesebben sarki fény - mivel a tűnemény a két sark vidékein egyaránt honos - a mi vidékeinken a ritkább tűnemények közé tartozván, a természetvizsgálók figyelmét aránylag későn kelté föl. Igaz ugyan, hogy már Aristoteles beszélt vörös tűzoszlopokról, nem különben Seneca, Plinius és más ókori írók is tesznek említést az égboltozat kigyuladásáról, vérszínéről, de ha eme régi észleleteket az északi fény-nyel azonosítjuk is, annyi bizonyos, hogy a tűnemény közelebbi fölismerését ép oly kevésbé

mozdították elő, mint a későbbi észleletek. Feltűnő, hogy a sarkvidékek első kutatói, Caboto, Forbisher, John Davies és Hudson, kiknek bizonyára volt alkalmuk, hogy a tűneményt teljes pompájában szemléljék, közelebbi megismerését semmi-vel sem mozgították elő, s csak az 1716-iki nagyon feltűnő északi fény, mely egész Közép-Európában látható volt, vonta magára a fizikusok figyelmét. Az 1716-iki tűnemény némileg az újság ingerével bírt, mivel az előtt az északi fény hosszú időn át nem volt látható.

Halley az 1716-iki tűneményt ugyanebben az évben a Phil. Transactions-ban leírta. Szerinte a fényoszlopok tulajdonképpen egyenesek, görbültségük csak látszólagos és a perspektívás látszat miatt egy pont felé konvergálnak, miáltal az északi fény koronája keletkezik. Továbbá föltette, hogy a tűnemény nem önfényű jelenség, hanem ködszerű fölszálló tömeg, mely a Föld árnyékából kilépven, megvilágíttatik, minélfogva két szemlélő két különböző északi fényt lát. Ez a magyarázat, mely némileg a szivárvány elméleté-

re emlékeztet, téves ugyan, de mégis figyelmet érdemel, mivel a tűneményt a Föld mágnességével kapcsolatba hozza, a mi annyival is inkább föltűnő, mivel Halley az északi fénynek a mágnesűre gyakorolt zavaró hatásait még nem ismerte. Halley volt az első, ki azt az észleletet tette, hogy a fényoszlopok a déllőtől nyugat felé épen akkora szöggel térnek el, mint a deklináció-tű, s nyilvánvaló hogy ez az észlelet erősítette meg őt abban a nézetben, hogy az északi fény és a földmágnesség között valami összefüggésnek kell lenni. Sőt úgy látszik, hogy Descartes mágneses örvényeit sem vetette el, mert azon volt, hogy ezeket kísérletileg szemlélhetőké tegye, mely célból gömbalakú aczélmágnes fölé tartott papírra, vasreszeléket hintett s ennek csoportosulásait megfigyelte. Különben Descartes az északi fényt a sarkvidékeknél fölhalmozódó hó- és jégtömegek által visszavert fénynek tekintette. Ezt a nézetet Triewald, a stockholmi akadémia tagja 1747-ben újra fölleleveníté, s helyességét kísérletekkel is ki akarta mutatni. A hallei

Wolf szerint az északi fény a sarkvidékeken föl szálló salétromos és kénes gyulékony gőzökből áll.

A XVIII-ik század folyamában még több kíváncsi tudós foglalkozott a szóban forgó tűneménnyel. Mairan az északi fényt kapcsolatba hozta az állatövi fénynyel, ama kúpos fényívvel, mely az éjnap egyenlőségek idejében, nevezetesen tavaszkor a Nap lementé után a nyugati égen, őszkor pedig a Nap fölkelte előtt a keleti égen látható. Mairan szerint az északi fény az állatövi fénynek és a földi légkörnek keverődéséből ered; észleleteit és hipotézisét a *Traité de l'Aurore boréal*, Paris, 1733. című művében tette közzé, s lehetséges, hogy az ő hipotézise azért talált kedvező fogadtatásra, mert az általa észlelt fénynek alakja csakugyan az állatövi fényre emlékeztetett.

Mairan hipotézise ép oly tarthatatlan, mint az Euler-é.

Euler szerint az északi fény az üstökösök farkával rokon tűnemény. Azonban Mairan-t illeti

az érdem, hogy először észlelte ama fontos tény, hogy az északi fény koronája az inklinációs tű irányának megnyújtásába esik. Ez volt a második észlelet, melyből a tűneménynek a földmágnességgel való összefüggésére következtetni lehetett.

Nem kevésbé föltűnő a harmadik összefüggés, mely abban áll, hogy az északi fény alkalmával a deklinációs tű rendkívül ingadozik, még pedig oly helyeken is, melyeken az északi fény nem is látható. Humboldt ezt a tűneményt nagyon találóan mágnességi viharnak nevezte.

Az első mágnességi vihart Hjorter, az uppszalai csillagvizsgáló obszervátora észlelte. Hjorter, ki Celsius megbízásából a mágnesű napi változásait figyelte, 1741. márczius 1-én föltűnő ingadozásokat vett észre s ezeket az ugyanazon napon föltűnt északi fénynek tulajdonította, mely nézetében Celsius is támogatta.

Mindamellett, hogy az újabb időkben számos alapos megfigyelés történt, a tűnemény fizikai

okait földeríteni mindeddig nem sikerült s bizonyosnak csak annyit tarthatunk, hogy az északi fény a földmágnesség tünetényeivel szoros összefüggésben van. Ha ezt egyelőre eredménynek akarjuk tekinteni, ne feledjük, hogy ez eredmény elérésére Halley tette meg az első lépést.

## BRADLEY

A nagy férfiú, kinek életét és tevékenységét az imént ismertettük, nevét első sorban mint csillagász örökítette meg. A nélkül, hogy az asztronómiához valaha hűtlenné lett volna, idejének s tehetségeinek nagy részét a fizikának szentelte, s eleget tett arra nézve, hogy e tudomány nagynevű művelői között mindenkor tisztelettel említessék.

Az a férfiú, kiről most fogunk szólni, mint csillagász a Halley-énál talán még fényesebb nevet vívott ki, de a fizikával csak egy tárgy által lépett közelebbi viszonyba, s avval is csak közvetve, azaz épen asztronómiai vizsgálatai útján. Azonban ez az egy tárgy, a fény aberrációja, biztosítja őt, hogy nevét a fizika mindvégig meg fogja őrizni.

James Bradley 1692-ben Shirebornban, Gloucestershireben született. Szülei őt a papi pályára szánták. Tanulmányait az oxfordi egyetemen be-



végezván, lelkészszé neveztetett ki s mint ilyen, eleintén Bridstow-ban, később pedig Welfrie-ben működött. Az asztronómia iránti különös hajlama a papi pályán is megmaradt benne; nagybátyja Pound, Newton barátja, ezt a hajlamot folytonosan élesztette s őt a matematikára oktatta.

Bradley e tudományokban oly gyorsan haladt, hogy 1721-ben Oxfordban, mint Keill-nek utódja, az asztronómia tanárává lett.

Értekezései, melyeket 1796-ig a Royal Societynek benyújtott, mindössze is csak észlelő szorgalmáról tanúskodtak, azonban ez évtől fogva kezdődnek azok az észleletei, melyek őt nagyszabású dolgok feltalálására vezették.

Ez időtájban a csillagászok különös szeretettel foglalkoztak az álló csillagok mozgásainak észlelésével. Az első, a ki ilyes észleletet tett, Hooke volt, ki a Sárkány nevű csillagzatban lévő  $\gamma$  csillag mozgását fedezte föl vagy legalább is fölfedezni vélte. De szabatos eredményekre a többi csillagászok észleletei sem vezettek.

Történt, hogy Bradley 1725 végén meglátogatta Molyneux-t, ki mint az asztronómia kedvelője, Kew-ben csillagvizsgálót állított föl, s ezt a többi között egy Graham készítette kitűnő szektorral szerelte föl.

Bradley, hogy a műszert kipróbálja, ezt ugyan csak a Sárkány  $\gamma$ -ja felé irányozta. Észleletét Molyneux-nek egy hó előtt tett észleletével összehasonlítván, azt tapasztalta, hogy a csillag dél felé elmozdult. A két tudós az elmozdulást eleintén észleleti hibának tartotta, de továbbá megfigyeléseikből kiderült, hogy itt szabályszerű mozgással van dolguk. Molyneux halála után Bradley egyedül folytatta a munkát; Wansted-ben az essexi grófságban egy Graham-féle új szektort állított föl. Szorgalmas észleletei nem maradtak eredménytelenek: az 1728-ban Halley-nek írt levelében a csillag mozgását teljesen megmagyarázta s evvel fölfedezte azt a tűneményt, melyet később a fény aberrációjának neveztek.

Lássuk, hogy miben állott Bradley fölfedezése.

Valamely álló csillag helyzetének észlelésénél egy különös körülményt kell figyelembe vennünk: messzelátó segítségével a csillagot csak akkor fogjuk a valódi helyén látni, ha a Föld ugyanabban az irányban mozog, melyben a fény a csillagtól hozzánk jön; különben pedig a Földnek napkörüli mozgása miatt a messzelátót a Föld mozgásának irányában el kell fordítanunk, hogy a fény iránya ismét összeessék a messzelátó optikai tengelyével; nekünk azonban úgy tetszik, mintha a csillag mozdult volna el s nem a messzelátó iránya változott volna meg. Az eset a legegyszerűbb, ha a csillag az ekliptika síkjában van; ekkor azt látjuk, hogy a csillag hat hónapon át nyugattól kelet felé, s a következő hat hónapon át keletről nyugat felé egyenes vonalban elmozdul. Mivel az elmozdulás csak 20 másodpercet (a Nap látszólagos átmérőjének 90-dik része) tesz, nem kell csodálkoznunk, hogy az a csillagászok figyelmét oly sokáig kikerülte. Ha a csillag az ekliptika és a sarkok között fekszik, akkor úgy látszik, mintha zárt vonalat írna le, mely vonal

annál nyújtottabb, minél közelebb van a csillag az ekliptikához.

A mondottaknak csak akkor van értelmük, ha a Föld sebessége a fény sebességéhez képest nem elenyésző. Azonban Bradley idejében Römernek észleletei alapján a fény véges sebessége már ismeretes volt, minélfogva Bradley a csillag elmozdulását úgy tekinté, mint a Föld és a fény mozgásainak kombinációját.

Ebben áll Bradley-nek méltán csodált fölfedezése, mely által a Földnek napkörűli mozgása be volt bizonyítva, mely bizonyítás annyival is inkább figyelemre méltó, mivel az, hogy úgy mondjuk, tisztán kinematikai, azaz nem szorúl arra, hogy figyelembe vegyük a Föld mozgását létesítő erőket. Sőt e fölfedezés alapján a fény sebességéből s a Föld keringési idejéből a Föld sebessége is ki vala számítható.

Bradley fölfedezését kétféle szempontból tekinthetjük. Asztronómiai szempontból a Föld keringését bizonyítja, s Bradley a dolgot ebből a

szempontból tekinté. Fizikai szempontból, ha a Föld mozgását már bebizonyítottanak tekintjük, a fény véges terjedési sebességét bizonyítja. Magától értetődik, hogy az utóbbi esetben viszont a fény sebessége számítható ki a Föld sebességéből.

Napjainkban mind a fénynek, mind pedig a Földnek mozgása mint egyaránt szigorúan bebizonyított tények állanak előttünk, minélfogva nincs szükségünk arra, hogy Bradley fölfedezését inkább fizikainak, vagy inkább asztronómiainak tartsuk: két nemes tudománynak tiszta összhangja nyilvánul benne.

Bradley 1741-ben a greenwichi csillagvizsgálón Halley utódává, az intézet igazgatójává lett.

1748-ban tette közzé értekezését a nutációról.

Ez a második fölfedezés méltó párja az elsőnek. Bradley gondos észleletek hosszú sora által arra az eredményre jutott, hogy a Föld forgástengelye a napkörüli keringés alkalmával nem marad önmagával párhuzamos, hanem az ekliptika

tengelyéhez majd közeledik, majd pedig ettől eltávozik. Az éjnap egyenlőség-pontok hátrálása miatt a világsark az ekliptika sark-pontja körül mintegy 26,000 év alatt egy kört írna le, de a Föld tengelyének mondott ingadozásai miatt a világsark nem tiszta kört, hanem hullámos vonalat ír le. Hogy a világsark eme mozgását elképzelhessük, gondoljuk, hogy a világsark igen kis ellipszisben mozog, mely ellipszis középpontja ismét az ekliptika sarkpontja körül egyenletes sebességgel mozog. Minthogy ez ellipszisnek nagytengelye csak 9.6 másodperc, tehát az aberrációnak mintegy a fele, elképzelhetjük, hogy Bradley észleletei mily pontosak valának. Azonban Bradley nemcsak hogy fölfedezte a nutácziót, hanem egyszersmind okait is feltalálta, mert kimutatta annak összefüggését a holdpálya csomópontjának 18 év és 8 hónapos periódusával. Bradley-nek asztronómiai egyéb vizsgálatai, bármily értékesek is máskülönben, az aberráció és a nutáció mellett kicsinyeseknek látszanak.

Bradley a greenwichi csillagvizsgálót 22 éven át, egészen haláláig, igazgatta, s abban üdvös működésének számtalan nyomát hagyta hátra. Ugyancsak az ő tekintélyének köszönhető, hogy a gregoriánus naptár 1752-ben Angolországban behozatott.

A párisi akadémia őt 1748-ban külső tagjává választotta, ellenben a Royal Societybe csak 1752-ben vétetett föl. Arago e körülményre vonatkozólag a következő megjegyzést teszi: "A francia biográfusok eme két dátum összehasonlításából azt következtették, hogy az ünnepeelt csillagász kitűnő érdemeit nálunk előbb ismerték el, mint a saját hazájában. Csakhogy e mellett elfelejtették, hogy valaki az akadémia külső tagjává lehet a nélkül, hogy szükségképen mint pályázó lépne föl, holott senki sem lehet a Royal Society öt-hatszáz tagjának egyikévé, ha csak ezt határozottan nem óhajtja s nem kötelezi magát arra, hogy évenként bizonyos járulékot fizet. E szerint nem kell súlyt fektetnünk arra, hogy Bradley a Royal Society tagjává később neveztetett ki.

Bradley 1762. júl. 13-án Chalfordban, Gloucestershireben halt meg.

Önzetlenségét egyik biográfusának sem kell jellemeznie. Ő maga megtette ezt. Midőn a királyné egy ízben Greenwichet meglátogatta, arról értesült, hogy az igazgatónak nagyon csekély a fizetése, minélfogva ezt föl akarta emelni. Bradley a királyné szándékáról értesülvén, a következő szavakra fakadt: "Óhajtanám, hogy ő felsége végre ne hajtsa szándékát; attól a naptól kezdve, melyben az igazgatói hivatal valamit jövedelmezne, többé nem csillagászok volnának azok, kik azt elnyernék."



## BERNOULLI DÁNIEL

### I. A Bernoulliak. - Bernoulli Dániel élete.

A Bernoulli családnak jutott az a kiváló szerep, hogy a matematikai tudományok történetének lapjain ne csupán egy, hanem számos tagjának nevével fényeskedjék. A matematikai tehetség e kitűnő családban ivadékról-ivadéokra szállott s az ivadékok örökségüket a leggyümölcsözőbb módon értékesítették.

Volt már alkalmunk, hogy a Bernoulliak némely művéről futólagosan megemlékezzünk. Érdemeik súlypontja a matematika körébe esik ugyan, de tekintettel arra, hogy matematikai vizsgálataik nagy része mechanikai feladatokból indult ki, s hogy e mellett a fizika egyes fontosabb kérdéseit szellemük összes erejével vitatták: meg kell emlékeznünk azokról a Bernoulliakról is, kiknek méltatása első sorban a matematika történetének feladata. A fizikával Bernoulli Dániel lépett a legközelebbi viszonyba.

A család Flandriából származott, honnét Alba herczeg vallás-üldözései elől majnai Frankfurtba menekült, de innét nem sokára Bázélbe ment, hol állandóan le is telepedett.

Bázél városa több oly családdal dicsekedhetik, melyek a tudományok egyes ágait különös szere-ttel művelték. A Buxtorfe-család a keleti nyel-vekben, a Bauhine-család a természetrajzban, a Zwinger-ek az orvosi tudományokban tűntek ki.

Azonban a Bernoulliak nem csupán Bázél vá-rosa történetében, hanem általában a tudósok tör-ténetében párja nélküli esetként állanak előttünk.

Midőn a család Bázélben letelepedett, feje Bernoulli Miklós (1623-1708) volt, kinek 11 gyermeke közül kettő, Jakab és János, a mathe-matika történetében mint elsőrendű csillagok ra-gyognak.

Jakab 1654-ben született. 1687 óta Bázélben a matematika tanára volt. A Newton és Leibniz feltalálta kalkulusban csakhamar fölismerte a mechanikai problémák hatalmas eszközét. Ide

vágó dolgozatai közül legnevezetesebbek az isochron- és a lánczvonatra vonatkozó vizsgálatai. Ő találta föl az isoperiméteres vonalokat, a parabolás és a logaritmusos spirálist, a loxodrom-vonalat és a róla elnevezett (Bernoulli-féle) számokat. A valószínűségi kalkulusnak tulajdonképpen ő vetette az alapját, de az e tárgyra vonatkozó műve, a híres *Ars conjectandi* csak halála után (1713-ban) jelent meg.

Midőn megismerkedett Leibniz-nek az *Acta Eruditorum*-ban 1684-ben közzétett találmányával, miként öcsöcse János, úgy ő is minden tehetségét az új tudomány fejlesztésére fordította. A két testvér az új tudomány alapelveit rendszeres differenciális és integrális kalkulussá képezte ki, elannyira, hogy Leibniz a saját dicsőségének mellőzésével a felsőbb kalkulust a Bernoulliak tulajdonának éppen úgy tekinté, mint a magáénak. Jakab-nak az integrális kalkulusra vonatkozó első két értekezése 1691-ben jelent meg.

Az elméleti mechanikára nézve kiválóan jelentős az ő részvétele az összetett inga problémájában. Ez alkalmat adott neki arra, hogy előkészítse a mechanika legáltalánosabb elvét, a d'Alembert-féle elvet. Nevezett problémában az eleven erők elvét egy összetett, de változatlan anyagi rendszerre alkalmazván, magát az elvet a rendszer egyes alkotó részei között fönnálló statikai kapcsolatra való tekintettel taglalta, tehát mintegy reá mutatott ama módszerre, mely a dinamikai feladatokat statikai módszer alapján tárgyalja. Ő vette először figyelembe az úgynevezett veszített erőket, azaz azokat az erőket, melyeket valamely mozgó rendszer elveszít, ha mozgása közben bizonyos korlátozó föltételeknek van alávetve; a tényleges mozgásnak megfelelő erőket úgy tekinté, mint eredőit a szabadon működő és a veszített erőeknek. d'Alembert-nek nem maradt egyéb föladata, mint hogy eme felfogásnak oly alakot adjon, hogy általa a dinamikai feladatok statikaiakra visszavezethetők legyenek.

Bernoulli Jakab 1705-ben halt meg. Halálos ágyán azt kívánta, hogy sírkövére a logaritmussos spirálist és eme szavakat véssék: Eadem mutata resurgo, mely szavakkal a mondott vonal ama tulajdonságára célzott, hogy az önmagának az evolútája.

Összes művei 1744-ben Genfben jelentek meg.

Bernoulli János 1667-ben született. Atyja kereskedői pályára nevelte, de matematikai talentuma őt a tudományos pályára terelte. 23 éves korában franciaországi útja alkalmával megismerkedett a francia matematikusokkal, kik őt a matematikai tudományok művelésére buzdították. 1692-ben visszatért Bázélbe; ekkor kezdte meg levelezését Leibniz-el, melyet haláláig folytatott. A Newton és Leibniz közötti vitában az utóbbit nagy buzgalommal védelmezte.

1693-ban Wolfenbüttelben a matematika tanárává lett, de már a következő évben visszatért szülővárosába, hol is a mediczina doktorává avattatott. 1695-ben Gröningenben ismét a ma-

thematika tanárává lett, s mint ilyen 1705-ben Bázelen bátyja tanszékét foglalta el.

Őt illeti a dicsőség, hogy a híres Euler tanítója lehetett. Meghalt 1748 jan. 1-én Bázelen.

Nagyobb munkát nem írt; értekezéseit a tudományos folyóiratokban tette közzé; Cramer azokat összegyűjté s 1742-ben Genfben kiadta (4 köt.); a Leibniz-czel váltott levelezése ugyanott 1745-ben jelent meg (2 kötetben).

János tudományos tevékenysége nagyon sokoldalú volt. Említettük, hogy ő és bátyja voltak azok, kik a felsőbb kalkulust kiképezték, hogy ő tűzte ki a brachystochron problémáját. Jakab, eme probléma egyik megfejtője, viszont az isoperiméteres vonalak problémáját adta föl öcsének, melyet az utóbbi helytelenül oldott meg s Jakab-nak a Journal des Savans-ban 1698-ban közzétett észrevételei a két testvér között eleintén tudományos, de később személyes harczot indítottak meg, mely harczban János épen nem ját-

szotta az engedelkeny fél szerepét, sőt Leibniz-et és l'Hopital-t sem kímélte haláluk után.

A mondottakon kívül foglalkozott még a húrok mozgásának elméletével, a barométer alkalmazásaival, az izommozgás fizikai elméletével, az emberi test tömegének gyarapodása és fogyatkozásával s végre az asztronómiával. Az utóbbi tárgyban különösen kitűnt két értekezése által, melyekben a bolygók ellipszises pályáit s ezek hajlásait tárgyalta.

E két nagy matematikusnak nagyszámú utódai és rokonai közül még sokakat megillet az a dicsőség, hogy a matematika jeles művelői közé soroztassanak. Nem lehet célunk, hogy a tiszta matematika eme kiváló előmozdítóit egyenkint bemutassuk, csak arra fogunk szorítkozni, hogy előterjeszszük életét és tudományos tevékenységét annak, ki a fizikával a legtüzetesebben foglalkozott. Ez pedig Bernoulli Dániel volt.

Dániel, János második fia, 1700 febr. 9-én Gröningenben született. Öt éves korában szülei-

vel Bázélbe menvén, e városban a gimnáziumot végezte s ezután tanulmányait a filozófiai fakultáson folytatta. A francia nyelv megtanulása végett egy évet a courtlary-i plébániában töltött. A matematikába atyja és Miklós nevű bátyja vezették őt be.

Miután 1716-ban a magiszteri rangot elnyerte, atyja őt a kereskedői pályára akarta terelni. Azonban e pályának már megkezdése elé is akadályok gördülvén, atyja belenyugodott, hogy az ifjú hajlamainak inkább megfelelő tudományos pályára lépjen. Dániel az orvosi szakot választotta s e végből az illető előadásokat először a báze-li, azután pedig a heidelbergi s a strassburgi egyetemeken hallgatta.

1720-ban visszatért Bázélbe s a következő évben az orvosi szigorlatot letette. Az ez alkalommal irt diszszertációja a lélekzésről már elárulta matematikai kiváló talentumát; látszott, hogy az orvosi pályát csak azért választotta, hogy ezen majdan megélhessen, mert addigi tanulmányai



folyamában is különös szeretettel foglalkozott a matematikával; diszsertációjában megkísérlte a matematikát fiziológiai feladatok megfejtésére alkalmazni.

Már ez az első munkája is sok eredetiségről tanúskodott; az előszóban kijelenté, hogy a kompi-lációkat szívből gyűlöli. Ezt a tulajdonságát egész életén át megőrizte; könyvtárakhoz és terjedelmes kútfőkhöz csak ritka esetekben folya-modott.

1723-ban Velenczébe utazott, hogy ott Miche-lotti vezetése alatt magát gyakorlati orvossá képezze ki. Itt jelent meg matematikai első mun-kája is (*Exercitationes quaedam mathematicae*, Venet. 1724.), melyben atyját és nagybátyját ne-hány olasz matematikus támadása ellen védel-mezte s egypár eredeti értekezést tett közzé.

E munkát csak olasz barátainak biztatására adta ki, mivel a nyilvános vizsályokat tudósok-hoz nem illő dolognak tartotta.

A mű különben megérttette a matematikusokkal, hogy a Bernoulli-család Dániel-ben egy kiváló matematikussal gyarapodott. Még ugyanabban az évben kinevezték őt az újonnan alakult bolognai intézet tagjává.

1724-ben Páduában akarta folytatni az orvosi tanulmányokat, azonban kevés híja volt, hogy egy heves láznak áldozatul nem esett. Ugyanez évben Miklós bátyjával együtt Katalin czárnő a szentpétervári akadémiához hívta meg s mindamellettt hogy Dániel-t az újonnan alapítandó genuai akadémia elnöki tiszttével kínálták meg, mind a ketten engedtek a meghívásnak, s 1725-ben mind a ketten megérkeztek Szent-Pétervárra. Ugyanez évben Dániel-t a párizsi akadémia részéről az első kitüntetés érte: az akadémiának erre az évre kitűzött díját ő nyerte el a homokórák szabályozását tárgyaló értekezésével. Azonban az örömet megzavarta bátyjának (kinek együttműködésével a legjobb eredményeket vélte elérhetni) kilencz hónap múlva bekövetkezett halála.

Szent-Pétervárott találkozott az ekkor 19 éves Euler-rel, ki az ő közbenjárására az akadémia adjunktusává neveztetett ki. A két fiatal tudós egymással szoros baráti viszonyba lépett, a melyet Bernoulli midőn Pétervárról távozott, levelezés által tartott fenn. Bernoulli minden alkalommal készségesen elismerte Euler szellemi fölsőségét.

Miután az akadémiával kötött szerződése lejárt, az éghajlat egészségének nem kedvezvén, a várost öt évi tartózkodása után odahagyni akarta, azonban újabb biztatások folytán 1733-ig maradt ott, mely évben János öccsével, ki őt meglátogatni jött, Észak-Németországon és Hollandián át Párisba utazott. Elutazása előtt híres Hydrodynamiká-ját az akadémia elé terjeszté, azonban a mű csak 1738-ban jelent meg Strassburgban.

A két testvér párisi rövid tartózkodás után visszatért Bázélbe, hol Dániel az anatómia és botanika tanszékét elnyervén, előadásait 1733 decz. havában megkezdette, s mindamellett hogy az orvosi tudományokkal már hosszabb időn át nem

foglalkozott, előadásai általános tetszésben részesültek.

Dániel, bár az előadott tárgyak a matematikai tudományoktól meglehetősen távol állottak, nem szűnt meg e tudományokat buzgón művelni, miről azok a pályadíjak, melyeket 1734-től 1739-ig a párisi akadémiától nyert (számra nézve hat), fényesen tanúskodnak.

Tehetségeinek és szellemi irányzatának inkább megfelelő tanszéket csak 1730-ban kapott. Ez évben Benedict Stähelin, a bázeli egyetemen a fizika tanára meghalván, a bázeli polgárok ez alkalmat felhasználták, hogy tudományos művei által európai hírűsége miatt közkedveltségű tudós iránt való elismerésüknek ünnepélyes kifejezést adjanak. Dániel-t a szokásos eljárások mellőzésével a fizikai tanszékre egyenest meghívták, külön fizetéspótlékot szavaztak meg neki s e mellett az orvosi fakultásban rangját megtarthatta. Huszonhat éven át a legnagyobb buzgalommal felelt meg tanári teendőinek; világos és

szabatos előadásai nemcsak a tanulók, hanem a közönség köréből is nagyszámú hallgatóságot vonzottak.

1776 óta az aggkor mindinkább súlyosodó terhei miatt először Dániel, később pedig Jakab nevű unokaöccse által helyettesítette magát. Azonban evvel csak a tanári hivatása terheitől menekedett meg, mert tevékeny szelleme ezentúl is fáradhatatlanul működött, míg 1782 márczius 17-én, 82 éves korában bekövetkezett halála munkás és eredményekben dicső életének véget vetett.

Dániel-nek érdemei méltó elismerésben részesültek. A már említettük kitüntetésekén kívül még meg kell említenünk, hogy 1747-ben a berlini akadémia tagjává, 1748-ban pedig a párisi akadémia külső tagjává (az atyja halálával megürült helyre) választatott. A párisi akadémiának tíz díját nyerte el; ily fényes eredménnyel csak híres barátja Euler dicsekedhetett. 1750-ben a Royal Society s ezután még számos társaság megválasztással tüntette ki.

Euler több ízben megkísérlette Dániel-t rábírni, hogy mint akadémikus ismét Pétervárra menjen, de ő nyugalmas állását és öreg szülőit elhagyni nem volt hajlandó. Különben, a mióta Bázelbe visszatért, atyjával nem a legjobb viszonyban volt; Euler-hez intézett leveleiben gyakran panaszkodott, hogy atyja találmányainak egy részét magának tulajdonítja, minélfogva óvakodnia kell, hogy atyja előtt tudományos kérdéseket ne vitasson. Lehetséges, hogy Bernoulli János, mivel fiai a szellemi nevelésüket legnagyobbbrészt neki köszönhették, műveikből egyetmást magának tulajdonított, azonban Dániel panaszai túlzottak s néha túlságos érzékenykedésről tanúskodnak.

Dániel nőtlen volt. Jótékonyságáról tanúskodik az az alapítvány, melyet húsz évvel halála előtt, az átutazó szegény tanulók javára tett.

Midőn Pétervárról visszatértében Franciaországban utazott, a postakocsiban vele utazó társával tudományos kérdések fejtegetésébe bocsát-

kozott. Az útitárs látván, hogy kiváló fiatal tudóssal van dolga (Dániel ekkor 34 éves volt), nem állhatta meg, hogy nevét meg ne kérdezze. Bernoulli magát megnevezvén, az útitárs azt hitte, hogy e híres név említésével őt csak rá akarja szedni, s a viszont-kérdésre azt válaszolta, hogy őt meg Newton-nak hívják. Azonban csakhamar meggyőződött, hogy valóságos Bernoulli-val van dolga, tehát tréfája nem volt helyén. Az utitárs a párisi akadémia Trant nevű adjunktusa volt.

König Sámuel matematikus egy ízben Bernoulli-nál ebédelvén, bizonyos önhittséggel emlegette, hogy egy nehéz feladatot fejtett meg. Ebéd után Bernoulli barátját avval lepte meg, hogy a szóban forgó feladatnak sokkal egyszerűbb kész megfejtését mutatta be.

Dániel a két adomát különös szeretettel emlegette.

II. Az eleven erők megmaradásának elve.

Bernoulli Dániel főmunkája a Hydrodynamika, az első mű, mely a folyós testek mechanikáját egy általános elvre támaszkodva az analízis segítségével tárgyalja. Az elv, melyre Dániel a hidrosztatikát és hidrodinamikát egyaránt alapította, az eleven erők elve volt. Dániel a legkevésbé sem törődött azokkal a metafizikai elmélkedésekkel, melyeket Leibniz ez elvnek diskussziójában előtérbe tolt, s a melyekben Bernoulli János is részt vett. János, kinek gondolkodási módja, a Leibniz-ével különben is nagyobb rokonságban volt, mint bármelyik Bernoulli-é, az eleven erőről alkotott képzetében mindenekelőtt az ok és okozat egyenlőségét tartotta szem előtt, elannyira, hogy majdnem nyíltan kijelenté, hogy az eleven erők megmaradásának törvényét bebizonyítani akarni annyi volna, mint azt elhomályosítani.

Dániel, nem törődve a metafizikai értelmezésekkel, szigorúan ragaszkodott a Huyghens felfogásához. Hogy valaki még az "eleven erő" kifejezésen sem ütközhessek meg, a szóban forgó elvet



a tényleges esés és a lehetséges emelkedés között fönnálló egyenlőség-nek nevezte.

E fontos törvény fejlődésének történetében Dániel-nek kiváló szerep jutott. Először is felismerte a törvény általános érvényét, mert avval a mechanika oly ágait tárgyalta, melyekben az előtt soha sem alkalmaztatott; másodsor pedig átlátta, hogy ez a törvény egy az egész fizikára kiterjeszkedő általánosabb törvénynek csak a súlyos testek mechanikájába tartozó különös esete. Abban az értekezésben, melyet 10 évvel a Hydrodynamika megjelenése előtt a berlini akadémia értekezései között kiadott, az eleven erők megmaradásának általános felfogott elvéről mint a természet egyik nagy törvényéről szól, de a helyett, hogy a tünetmények okai közötti elvi összefüggést keresné, csak arra szorítkozik, hogy a törvényt tágasabb téren alkalmazza. Kiválóan fontos az, hogy Dániel az elv alkalmazásában a változó erőket is vizsgálatai körébe vonta, s föltűnő, hogy az oxidáció chemiai erélyét (a

Hydrodynamika-jában) mechanikai erély szerint becsüli.

Dániel világosan átlátta, hogy az eleven erő, mint ilyen, valamennyi mechanikai proceszszusnál elveszhet, a mi azonban csak a testek fizikai szerkezetének tulajdonítandó, a mennyiben például a testek szívóssága, a surlódás, stb. az eleven erő egy részét fölemészt, de azért a kísérleti eltérések nem bizonyítanak a törvény általános érvényessége ellen.

Az eleven erők törvényét lényegében véve már Huyghens alapította meg; a Bernoulli-ak csak az elv általános érvényének kimutatására működtek közre. János a mozgó rendszer részei között fönnálló statikai kapcsolatot vette figyelembe s ez által előkészítette a d'Alembert elvét, Dániel pedig az elvet a mechanikának az ideig nem tárgyalt ágaira alkalmazta. Nem maradt egyéb hátra, mint hogy az elv általánosságának és jelentőségének megfelelő analitikai formulázást kapjon. Ez pedig megtörtént a lángeszű Lagrange által, ki

az eleven erők elvét a dinamika egyik főtételeként rangjára emelte.

III. A hidrodinamika alaptétele. - A gáz-elmélet.

Említettük, hogy Bernoulli Dániel a hidrodinamika tárgyalásának kiinduló pontjaúl az eleven erők elvét vette föl. Elmélkedéseit itt nem reprodukálhatjuk, s csak a folyadékok kifolyásának megvizsgálásánál kapott főeredményt akarjuk főlemlíteni. Bernoulli Dániel tétele, mely az egész hidraulikának alapja, így fejezhető ki: valamely mozgó folyadék-részecskének bizonyos vízszintes síktól számított magasságából, a reá gyakorolt nyomásnak megfelelő magasságból, és a sebességének megfelelő szabadesési magasságból képezett összeg állandó magasságot képvisel. E tétel csak akkor áll, ha fölteszszük, hogy nem szívós folyadékkal van dolgunk és hogy minden egyes ponton minden egyes pillanatban ugyanaz a sűrűségű és sebességű s ugyanakkora nyomásnak kitett folyadék-részecske folyik át.

E tételt a folyadékok kifolyására alkalmazva, kapjuk a Torricelli tételét; e tétel kimagyarázza a folyadékok által a csövek oldalfalára gyakorolt nyomáskisebbedést, ha a folyadék mozgásban van. Különben ez utóbbi tényt Bernoulli Dániel már Hydrodynamikájá-nak megjelenése előtt 1726-ban fejtegette. A légnemű testek mozgásánál föllépő hasonló tünetmények csak az újabb időben vizsgáltattak meg s alkalmaztattak gyakorlatilag is, bár Hawksbee-nek az a kísérlete, melylyel a szelek befolyását a barométerállásra megmagyarázni akarta, lényegében véve, a nyomás ily módon való kisebbedésének kísérleti bebizonyítása volt.

A Bernoulli Dániel tétele új elvet nem hozott be a mechanikába, de a hidrodinamikát alapvető tétellel gazdagítván, nagy mértékű haladásnak egyengette útját.

Dániel a Boyle- vagy Mariotte-féle törvény elméleti bebizonyítása által alapját vetette a gázok elméletének, s hozzájárult a hő mozgáselméleté-

nek megalapításához. Emez érdemeit a föltüntetésre annyival is inkább méltóknak tartjuk, mivel azok hosszú időn át ignoráltattak s csak a jelen században, midőn a mechanikai hőelmélet a testeknek (különösen pedig a légnemű testeknek) fizikai szerkezetét napirendre tette, részesültek kellő figyelemben.

Dániel a gázok két tulajdonságával tisztában volt: először, hogy a Mariotte törvényét követik; másodsor, hogy a hőtől kiterjednek, bár a kiterjedés törvényét nem ismerte. Az ő föltevése pedig az volt, hogy a gázok molekulákból alkotvák s hogy ezek a molekulák minden képzelhető irányban mozognak; a gáz feszítő erejét molekulái mozgásának köszönheti, a mennyiben a molekuláknak a falakra gyakorolt lökései összegét feszítő erőnek tekinté.

Bernoulli, hogy a gáz térfogata és feszítő ereje közötti kapcsolatot kimutassa, először is geometriailag megvizsgálja, hogy mily módon változik az ütköző molekulák száma a térfogat változásá-

val, azután pedig, hogy az időegységben végbe-  
menő ütközések száma mily viszonyban van a  
térbeli méretekkel; mármost avval a föltevessel,  
hogy a feszítő erő változása az ütköző molekulák  
számának és az ütközések számának változásával  
arányos, eredményül a Mariotte törvényét kapja.

Eme dedukciókat a Hydrodynamika X-ik fe-  
jezetében terjesztette elő, s figyelembe vette a  
gázmolekulák térfogatát is, de az eredményeket  
csak arra az esetre alkalmazta, midőn a gázmole-  
kulák térfogatának összege az általuk betöltött  
egész térhez képest elenyésző csekély. Minthogy  
azonban ez a föltevés minden megszorítás nélkül  
meg nem állhat, következik, hogy a gázok a Ma-  
riotte törvényétől eltérnek, még pedig annál in-  
kább térnek el, mentül kevésbbé lehet a moleku-  
lák térfogatát az összes térfogathoz képest elha-  
nyagolni. Ennélfogva a Bernoulli föltevése épen  
tökéletlenségénél fogva előre láttatta a Mariotte  
törvényétől való eltéréseket.

Bernoulli tudta, hogy ha a gázokat állandó térfogat mellett melegítjük, feszítő erejük szintén növekszik. Hogy e tényről számot adjon, megint csak azt tételezi föl, hogy a feszítő erő az időegységben ütköző molekulák számától és az ütközések számától függ; de most, mivel az előbbeni szám állandó, a feszítő erő csak az ütközések számával változhatik. Mivel pedig a lökések ereje arányos a molekulák tömegének és sebességének szorzományaival, az ütközések száma pedig arányos a molekulák sebességével, következik, hogy az összes hatás arányos a molekulák sebességének négyzetével. Látni való, hogy Bernoullinak csak a melegség és a mérséklet között kellett volna különbséget tenni, s a modern gázelmélet készen lett volna.

Bernoulli Dániel elméletét kortársai vagy éppen nem értették, vagy félre értették. Újabb időben, midőn a gázok mechanikai elmélete bővebb vizsgálatok tárgyává lett, kiderült, hogy már Bernoulli előtt mások is, nevezetesen Gassendi, Boyle, Parent és Herman foglalkoztak a gázok ilyes el-

méletével. Miként lehetett tehát, hogy Bernoulli elmélete korára nézve egészen terméketlen maradt? Csak úgy, hogy Bernoulli elődjei a dolog lényegétől oly messzire maradtak, hogy a következő korban Bernoulli elmélete egészen új volt. Mivel pedig számos eset bizonyítja, hogy a korukat megelőző találmányok, mint a fejlődés folytonosságába nem illeszkedők, extenzív haladást nem hoznak létre: hatástalan maradt a Bernoulli elmélete is, mely nagyon is nagy lépés volt a tudománynak oly ágában, mely akkor még pólyáiban feküdt.

A jelen században Herapath angol chemikus és Joule a Bernoulli-éihez hasonló, de korántsem világosabb eszmékkal léptek föl. A jelenlegi mechanikai gázelmélet a berlini Krönig-től és Clausius-tól ered. E fizikusok nem hivatkoznak Bernoulli-ra, sőt Clausius, ki a szóban forgó tárgyról nagyon sokat írt, nyíltan kijelenté, hogy a régibb fizikusok iratait nem ismerte. Ha fölteszszük is, hogy az újabb vizsgálatok a Bernoulli-étől valóban egészen függetlenek, nincs okunk, hogy Ber-



noulli érdemei iránt teljes elismeréssel ne adózunk.

#### IV. Akusztikai vizsgálatok. - Brook Taylor.

Bernoulli Dániel az említetteken kívül a fizikának más ágaival, nevezetesen az akusztikával is foglalkozott. Műveire mindenütt rásütötte ugyan matematikai kiváló szellemének bélyegét, de eredményei nem mindig dicsekedhetnek a szabátossággal, mely eddigelé ismertetett dolgozatait jellemzi. Már említettük, hogy a barométeres magasságmérésre helytelen képletet vezetett le, mindamellett hogy Halley az ő képletét akkor már közzétette volt.

Sokkal jelentősebb az ő részvétele a húrok mozgásának elméletében, mely tárgy korának legkiválóbb matematikusait foglalkoztatá.

A rezgő húrok elmélete a XVIII-ik század elejéig lényegében véve ugyanazon a fokon állott, melyre azt Galilei és Mersenne vizsgálatai emelték, s valószínű, hogy az akusztikának eme nevezetes ága még tovább is meg nem érdemelt mel-

lőzésben részesült volna, ha a fizikusok figyelmét a híres Brook Taylor vizsgálatai föl nem költik. Taylor (1685-1731), kinek nevét a róla elnevezett formuláról mindenki ismeri, a ki a felsőbb elemzés kurzusát hallgatta, a húrok mozgását is matematikai vizsgálatainak körébe vonta. Kevesebben tudják, hogy a húrok hangjának magasságát kifejező formula ép oly joggal volna Taylor formulájának nevezhető, mint a felsőbb elemzésbeli formulája.

Taylor akusztikai formuláját először 1713-ban a Phil. Transactions-ban tette közzé, azután pedig a Methodus incrementorum, Lond. 1715. című művébe sorozta.

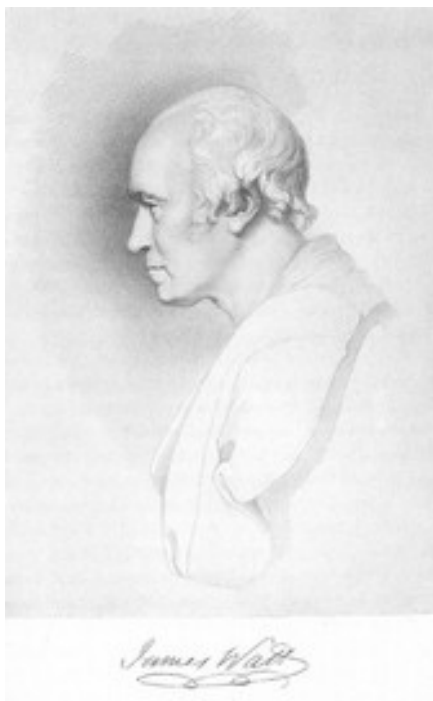
Taylor formulája azt mondja, hogy a húrok rezgési számai, tehát a hang magassága arányos a feszítő súly négyzetgyökével és fordított viszonyban van a húr hosszúságával, vastagságával és sűrűségének négyzetgyökével; tehát a formula magában foglalja mindazokat az egyes szabályokat, melyeket Galilei és Mersenne vezettek le.

Az ide vágó matematikai vizsgálatok megindítására nézve még hathatósabb volt Taylor-nak az az állítása, hogy a rezgő húrnak cikloisos alakja van, mert a rezgések isochronizmusát csakis eme föltétel mellett tartotta lehetségesnek. d'Alembert ezt a téves föltevést, melyet különben Bernoulli János is elfogadott, elvetette, s kimutatta, hogy az isochronizmus föltételének számtalan görbe vonal tesz eleget. Evvel a vita kockája el volt vetve. A kérdéssel a legkiválóbb matematikusok, mint Euler, Bernoulli Dániel, Lagrange és Riccati foglalkoztak. Bernoulli Dániel azt állította, hogy a húr alakja megegyezik a trochoid-vonaléval. Mindamellett hogy a nevezett matematikusok teljesen megegyező eredményekre nem jutottak, a rezgő húrok elméletét, a mennyire csak lehetett, mégis minden irányban kifejtették, minélfogva a XIX-ik századnak ezen a téren nem sok tenni valója maradt.

De nem csupán a rezgő húrok, hanem egyéb rezgő testek törvényei is megvizsgáltattak. Ez irányban a legtöbbet tettek Riccati, Euler és Ber-

noulli Dániel. Az utóbbi különösen a rezgő pálcák és légoszlopok elméletével foglalkozott. Vizsgálatai annyira matematikai jelleműek, hogy elemzésüket itt mellőznünk kell, de mégis szükségesnek tartottuk, hogy említést tegyünk róluk, mert e nélkül a kép, melyet a kiváló férfiúról rajzoltunk, egy jellemző vonás híján maradt volna.

# WATT



Ha korunknak politikai és társadalmi viszonyait - hogy messzire ne menjünk - csak a múlt századéival is összehasonlítjuk, akkora különbséget találunk, hogy lehetetlen volna, hogy azt rendkívüli eseményeknek ne tulajdonítsuk.

Emez események kettőre vezethetők vissza: a francia forradalomra és a természettudományok szülte technikai találmányokra.

A francia forradalom, mely a politikai és társadalmi viszonyok morális átalakulását idézte elő, a szellem általános emelkedésének eredménye volt, s az által, hogy az emberre vetett békókat lerázta s az ember jogait beláthatatlan időkre biztosította, az emberi nem szebb jövőjének egyik alapkövét vetette meg. Ellenben a technikai találmányok a társadalom materiális viszonyait változtatták meg, még pedig gyökeresen változtatták meg.

Midőn eme tényeket rendkívülieknek neveztük, a rendkívüli szót nem csodálatos és természetfölötti értelemben vettük. E tények, mint

minden nagy dolog, az emberi művelődés fejlődése által hosszú idők óta készítették elő, valamint nem tagadhatjuk azt sem, hogy a morális és materiális átalakulások egymásba sokféleképpen fűződtek s egymást sokféleképpen támogatták.

Ha a fizikai törvényeken alapuló technikai találmányokat, melyek az említettük rendkívüli hatást szültek, számra nézve korlátozni akarnók, vagy éppen, ha a sok nevezetes találmány közül az eldöntő szerepet egynek akarnók tulajdonítani: az elsőség kétségen kívül a gőzgépet illetné meg. Mint minden nagy találmányt, mely az emberi nem tevékenységében forradalmat idézett elő, úgy a gőzgépet is, évszázadok szellemi munkája készítette elő, s a tökéletesedés különböző fázisait itt is éppen úgy különböztethetjük meg, mint minden más találmánynál. S ha a gőzgép történetében mégis csak egy férfiúnál; Watt-nál, állapodunk meg, ezt nem azért teszszük, hogy az elődök érdemeit a tökéletesség magasabb fokával szemben kisebbítsük, hanem azért, mivel az érdem koszorúja első sorban azt illeti meg, ki az

elődök homályos eszméit életképesekké s igazán gyümölcsözőkké tette.

Maga a gőzgép új törvényekkel vagy új elvekkel nem gyarapította a fizikát. Midőn Watt a szó modern értelmében vett igazi gőzgépet feltalálta, ismeretes fizikai tényekkel, a gőz feszítő erejével és a levegő nyomásával volt dolga. S valóban, midőn őt a fizika elsőrangú művelői közé sorozzuk, nem is kell, hogy szükségképen a gőzgépre gondoljunk. Ellenkezőleg, Watt tudományos szelleme az, mely nemcsak a gőzgépet emelte a tökéletességnek addig el nem ért fokára, hanem a természettudományok fogósabb kérdéseinek megvitatásában is jelentős nyomokat hagyván hátra, neki a tudomány történetében díszes helyet vívott ki.

Szólhatnánk még arról, hogy Watt gépe hány millió munkás kéznek lett helyettesítőjévé vagy inkább megteremtőjévé; szólhatnánk a számtalan iparágról, melyek keletkezésüket és létezésüket a gőzgépnek köszönhetik; szólhatnánk az anyagi



jólétnek újonnan megnyitott számtalan forrásáról s arról, hogy a közlekedés eszközeinek gyökeres átalakítása által az emberi szorgalom gyümölcseinek értéke miként növekedett s az emberiség boldogítását gátló választó falak miként rontattak le: mivel nem akarunk már százszor elmondott dolgokat ismételni, helyesebbnek tartjuk, ha minden ilyes bevezetés nélkül hozzá fogunk ama férfiú életének és tevékenységének ismertetéséhez, ki magának az utókor háláját mindenkorra biztosította.

I. Watt ifjúsága. - Watt a glasgowi egyetem mechanikusává lesz.

James Watt 1736. jan. 19-én Greenockban, Skótországbán született. Atyja, kit szintén James-nek hívtak, a greenocki községi tanács tagja, rendkívül tevékeny ember volt. Mint hajó-liferáns, építkezési vállalkozó és kereskedő egyaránt gondoskodott, hogy vagyonát gyarapítsa, de e mellett egyáltalában nem feledkezett meg a közjó előmozdításáról, miért is polgártársai tiszt-

teletét és szeretetét teljes mértékben vívta ki. Az öreg Watt csak 1782-ben, 84 éves korában halt meg, minélfogva szorgalma, mint követésre méltó példa, hosszú időn át lebeghetett fia szemei előtt.

Az ifjú Watt oly gyöngé testalkatú volt, hogy a greenocki elemi iskolát sem látogathatta rendszeren. Különbö is az első oktatásban szüleitől részesült; anyja olvasni, atyja pedig írni és számolni tanította. Az iskolán kívül töltött idejét tetszése szerint használhatta föl, mivel atyja a gyermek gyöngé testalkatára való tekintetből őt a tanulásra nem szorította. Azonban a gyermek Watt-nak már játéka is elárulták a fényes jövőt, mely reá várakozott. Az atyjától kapott szerszámokkal játékszereit szétszededette s aztán újra összeállította, s új játékszereket is készített; az elektromos gép, melyet maga állított össze, iskolatársainak és rokonainak figyelmét méltán vonta magára.

A rokonok egyébiránt nem sokat tartottak a gyermeknek e fajta szórakozásairól. Nagynénje

egy ízben nagyon megdorgálta, mivel szabad idejét avval töltötte, hogy egy thea-forralónak födelét többször levette és visszatette, hogy a kiáramló gőzbe tartott ezüst kanálról a cseppekké összesűrűsödött gőzt összegyűjtse. A rokonok az ifjú Watt szórakozásaiból csak a lustaságára következtettek, ellenben az atyja elég előre látó volt, hogy gyermekének játékaiban fényes találmányok előfutóit lássa. S valóban, a kondenzátor feltalálása eszünkbe juttatja Watt gyermekkori kísérletét a thea-forralóval; a gőz megsűrítése egyike a legfontosabb elveknek, melyek a gőzgépek javításánál alkalmaztattak.

Azonban az ifjú Watt szellemét nemcsak az olyan dolgok vonzották, melyeknek a mechanikához és a fizikához több-kevesebb közük volt, mert különös szeretettel olvasta a történelmet s egyes históriák elbeszélésében nagyon ügyes volt. Tanúskodik erről az a levél, melyet Marion Campbell asszony, Watt ifjúkori játszótársa írt s a melyet Arago a következőkben idéz:

"Wattné asszony egy glasgowi utazása alkal- mával James fiát egyik barátnéjára bízta. Néhány hét múlva visszatért, de nem is sejtette azt a különös fogadtatást, mely reá várakozott. A barát- né, alig hogy őt megpillantá, így szólott: Asszo- nyom, vigye vissza fiát Greenockba; nem tűrhe- tem tovább az izgatott állapotot, melyet fia okoz; az álmatlanság már egészen elgyöngített. Minden este, midőn a lefekvés ideje közeledik, az Ön fia mindig valami társalgást kezd, s ez alkalmat ad neki arra, hogy abba valamely elbeszélést sző- jön; ezt követi egy második, egy harmadik és így tovább. Ezek az elbeszélések, akár komolyak, akár tréfások, nagyon érdekesek és megragadók, és az egész család oly figyelemmel hallgatja, hogy a légy röpülését is meg lehetne hallani. Így aztán az egyik óra a másik után múlik, de más- nap alig tudok állani a gyöngeségtől..."

Látni való, hogy James-nek nagy hajlama volt a históriához. De ez még nem volt minden: ki- rándulásai Skótország hegyei közé megismertet- ték vele a szabad természet szépségeit; botanikai

és mineralógiai ismereteit a szabad természet tanulmányozásával egészítette ki, s ha egészségi állapota nem engedte meg, hogy a szülői házat elhagyja, kemiával és fizikával foglalkozott. Az utóbbi tudományba őt a S'Gravesande műve, az Elements of natural philosophy vezette be. Végre az orvosi és sebészi munkákat, melyek a keze ügyébe akadtak, valóságos szenvedélylyel tanulmányozta; beteges állapota miatt az e fajta könyvek őt kétszeresen érdekelték.

A mondottak után, ha előre nem tudnók, hogy Watt melyik pályán örökítette meg nevét, szinte kíváncsiak lehetnénk, hogy miféle pályára szánta magát. Azt hihetnők, hogy talán a históriát, a botanikát, a mineralógiát, a fizikát vagy végre az orvosi tudományt választá életének hivatásául. A skót szokások szerint a fiúk egyikének az apa mesterségét kell követnie. Szerencse, hogy James-nek egy öcscse volt, ki az atyja üzletének vezetését magára vállalta, tehát James pályáját szabadon választhatta. James pedig a főntebb elősorolt tudományok mindegyikét mellőzve,

1755-ben Londonba ment s itt John Morgan matematikai és nautikai műszerkészítő műhelyébe szegődött.

Egy év lefolyása alatt a műszerkészítésben oly ügyességre tett szert, hogy önálló üzlet nyitása végett Glasgowba ment.

A glasgowi czéhek az ifjú Watt-ot nem találták feljogosítva arra, hogy önálló üzletet alapítson, mert ősi jogaikra támaszkodva, a műhely megnyitását kereken megtagadták. Watt tehát már pályája kezdetén hajótörést szenvedett volna, ha szerencséjére a glasgowi egyetem magát közbe nem veti. Robert Simson, a régi matematikusok iratainak kiadója, Adam Smith, a híres nemzetgazda, végre a híres Black, a rejtett hő és a szén-sav feltalálója, az alig 21 éves mechanikust pártfogásukba vették s nekik köszönhető, hogy az egyetem őt mechanikusává kinevezte s mint ilyennek megengedte, hogy az egyetemi épületek egyikében kicsiny műhelyt állítson föl.

A neveztük kiváló férfiak csakhamar átlátták, hogy nem csupán ügyes mechanikussal van dolguk, hanem fölismerték magasabb szellemi értékét is s vele baráti viszonyba léptek. Az egyetem növendékei szerencsájüknék tartották, ha Watt-al érintkezhettek s a Watt kicsiny műhelye olyan akadémia-féle lett, melyben Glasgow jelentős személyiségei összejöttek, hogy a tudományoknak, az iparnak és a művészeteknek kérdéseit tárgyalják.

Az ilyen fényes társasággal való érintkezés Watt-ot folytonos önművelésre buzdította. Nappal a legkényesebb szerkezetű műszerek készítésével, éjjel pedig elméleti vizsgálatokkal foglalkozott. Az utóbbi irányú tevékenységének tulajdonítandó, hogy olyan eszközöket is készíthetett, melyeneket tőle a legkevésbé sem lehetett várni; a többi között egy orgonát készített; mely nemcsak hogy mechanikai szerkezete dolgában múlta fölül a régieket, hanem a harmónia törvényeinek is annyira megfelelt, hogy a szakértők bámulatát e tekintetben is magára vonta.

A glasgowi egyetem gyűjteményeiben egy Newcomen-féle gőzgép kicsiny mintája volt, melyet Anderson, a fizika tanára, javítás végett Watt-nak átadott.

Ez időtől kezdődik Watt életének legfényesebb korszaka: a kicsiny gép kijavítása elég alkalmat adott a kitűnő mechanikusnak, hogy a gőzgépet a tökéletességnek addig nem ismert fokára emelje.

Hogy azonban Watt érdemeit illendőképen méltathassuk, életrajzát itt meg kell szakítanunk. Ismerkedjünk meg előbb ama lánczolattal, melynek utolsó szeméhez Watt találmányainak dicsősége fűződik.

## II. A régi gőzgép története.

A gőzgép a szó legtágasabb értelmében olyan gép, melynek mozgását a gőz feszítő ereje idézi elő. Ez az általános definíció, épen az általánossága miatt, a gőzgép történetének megírását nagyon megnehezíti.



Első pillanatra különösnek látszik az az állítás, hogy valamely találmány eredetét csak azért nehéz kifürkészni, mivel a találmány definíciója nagyon általános; azonban a dolog közelebbi megvizsgálása után azt tapasztaljuk, hogy ama vitában, mely az újabb korban a gőzgép eredete körül folyt, végtére minden arra lyukadt ki, hogy az egyik vagy másik állítólagos feltalálónak készüléke megérdemli-e a gőzgép nevet vagy sem.

A gőzgép fontossága hozza magával, hogy három nagy nemzet: az olasz, a francia s az angol egyaránt törekedett, hogy a találmány dicsőségét a magáénak vitassa. A történelmi vizsgálatok pedig azt tüntették ki, hogy a feltalálás dicsősége vagy senkit, vagy nagyon sokakat illet meg. De mivel a vizsgálatok előre kitűzött célja mégis csak az volt, hogy egy eredeti feltalálót mutassanak föl, nem kell csodálkoznunk, hogy a gőzgépnek egy feltaláló helyett egy egész sereg feltalálója van. Ide járul még az a körülmény, hogy némelyek már azokat is megtisztelik a feltaláló nevével, kiknek a gőz feszítő erejéről először vol-

tak fogalmaik, minélfogva a gőzgép története is az ókor homályában vész el.

A skolasztikus felfogás, mint sok más dolgot, úgy a gőzgépet is Aristoteles-re vezette vissza.

Mi köze van Aristoteles-nek a gőzgéphez? kérhetné valaki jogos kíváncsisággal. Aristoteles szerint a földrengés az által keletkezik, hogy a föld belsejében a víz hirtelen gőzzé, azaz tulajdonképpen levegővé változik, s ez a levegő megrengeti a földet. Ennyi az egész.

Az ókor összes igényei a Hero aeolipiljára redukálódnak. Ez a készülék, mely K. e. 120 körül lett először ismeretessé, lényegében véve egy üres golyó, melybe két, egymással szemközt fekvő s ugyanabban az értelemben meggömbített cső van forrasztva; maga a golyó a csövek irányára függélyes tengely körül foroghat. Ha a golyóba vizet öntünk s felforraljuk, a csöveken kiáramló gőz reakciója miatt a golyó forogni kezd. Ha tehát azt a készüléket, melyet a gőz közvetetlen re-

akciója hajt, gőzgépnek nevezzük, akkor ennek feltalálójául Hero-t kell elismernünk.

Különben Hero megmutatta, hogy a megmelegített golyó akkor is forog, ha víz nincs benne. Ez esetben a kiáramló meleg levegő idézi elő a mozgást.

Egy későbbi, de ugyancsak az ókorba tartozó esemény szintén a gőz feszítő erejének ismeretéről tanúskodik.

I. Justinian császár idejében történt, hogy Ant-heminus, a Zsófia templom híres építője, valami fal miatt összeveszett szomszédjával, Zeno szónokkal. Az előbbeni, hogy a törvényszék hozta igazságos, de reá nézve kedvezőtlen ítélet miatt a szomszédján boszút álljon, házának pinczejében gőzkazánokat állított föl, s ezekből a gőzt hosszú csövekkel a Zeno házába, a gerendák közé vezette. A végeiken elzárt csöveket a gőz szétvetette, minek következtében a ház annyira megrendült, hogy a szörnyen megijedt tulajdonos azt hitte, hogy a föld reng.

E mondának a gőzgéphez vajmi kevés köze van ugyan, de azért mégis belekerült a gőzgép történetébe. Ugyanebbe a kategóriába tartozik egy másik monda is, mely szerint a teutonok istenne haragját avval nyilvánította, hogy a tiszteletére emelt bálványszobor gőzt okádott. A szobrot a XVI-ik század közepe táján a Kyffhäuser hegyen fekvő kastély földalatti kápolnájában találták, s szerkezetéből az is kitűnt, hogy az isten mi módon nyilvánította haragját. A fémszobornak, az úgynevezett Püsterich-nek üres fejébe vizet töltöttek s ezt ugyancsak a szobor fejébe tett szénnel felforralták. A gőz a szobor szájába vert faéket durranás kíséretében kilökte s ezután az egész környék felhőbe borult. Arago lehetségesnek tartja, hogy a bálványnak ezt a csodálatos szerkezetét nemcsak az ó-germán papok, hanem még a középkori szerzetesek is hasznukra fordították.

Fölemlíthetnénk még néhány ó- és középkori észleletet, melyek a gőz feshítő erejéről s esetleg romboló hatásáról tanúskodnak. De mivel ezek-

nek a gőzgéphez vajmi kevés közük van, bátran mellőzhetjük. Bizonyos nevezetességre vergődött a francia Gerbert-nek (II. Sylvester pápa) a rheims-i székesegyházban felállított gőzorgonája. Itt a gőzkazánnak nem volt egyéb feladata, mint hogy a fujtatót pótolja, mert a sípokat a gőzáram szólaltatta meg; a gőznek szorosabb értelemben vett mechanikai hatása nem volt.

Arago fölemlíti, hogy Flurance Rivault, XIII. Lajos király udvarában a matematika tanítója, 1605-ben azt tapasztalta, hogy egy vízzel megtöltött s ezután jól bedugaszolt vastag falú bomba előbb-utóbb szétrepedt, ha tűzbe dobta. Arago e kísérletre bizonyos súlyt fektet, mivel az a gőz feszítő erejének megközelítő, mérésére vagy legalább is becslésére szolgálhatott. Rivault műve (*Éléments de l'artillerie*), melyben e kísérletek leírva, 1605-ben jelent meg.

Libri szerint Arago túlbecsülte a Rivault "kísérleteit". Rivault nem is beszél gőzről, hanem levegővé változott vízről.

Hogy a gőznek hasonló körülmények között romboló hatásai vannak, azt a többi között az olasz Alberti már 1485-ben megjelent *De Architectura seu de re aedificatoria* című művében is fölemlíti. Szerinte a mészégetők rettegnek az olyan kövektől, melyekben levegővel megtöltött odúk vannak, mert ha eme kövek melegítetnek, gőz képződik s a kövek szétrobbannak. Továbbá Cesare Cesarino-nak 1521-ben Comoban kiadott kommentárja Vitruvius-hoz (*Vitruvio tradotto da C. Cesarino*) részletesen leírja az aeolipilből kiáramló gőznek rendkívüli hatásait.

Az olaszok idevonatkozó ismereteiről még más szerzők is tanúskodnak. Scappi, V. Pius pápa szakácsa, füst által forgatott nyársat (*molinel-lo a fumo*) használt, mint erről az *Opera di M. Bartholomeo Scappi, cuoco secreto di Papa Pio V. Venet, 1570. című könyve* tanúskodik.

Mivel Arago a gőzgép történetére vonatkozó értekezéseiben az olaszok érdemeinek leszállítására törekedett, Libri ismét azon volt, hogy két

honfitársának, Branca- és Portá-nak annál nagyobb elismerést szerezzen.

Branca, a lorettói templom építője, a *Le Machine*, Roma, 1629. című művében a többi között egy olyan gépet írt le, melyet szintén gőzgépnek lehetne nevezni, a mennyiben egy kazánból kiáramló gőz a mozgatandó kerékre közvetlenül hatott, s épen ezért, mivel a gőz feszítő erejének közvetetlen hatása (s nem a reakciója) használtatott föl, a Branca gépe inkább megközelelti a mai gépeket, mint az aeolipil.

A mi pedig Portá-t illeti, a már említett *Pneumaticorum libri III.* című műve, mely nem egyéb, mint a *Magia naturalis* egyik részének kibővítése, s a melyet Escrivano 1606-ban olasz fordításban adott ki, egy fejezetet tartalmaz, melynek címe: Hogyan lehet megtudni, hogy egy rész víz hány rész levegővé változik át, s e fejezetben a következő készülék van leírva: egy mintegy félig vízzel megtöltött négyszögletes zárt edény fenekén nyílás van s ezen egy lombik-

forma edény nyaka oly formán van keresztül dugva, hogy a lombik nyaka a vízből kiáll; az edény tetején levő nyílásba pedig egy meggömbített cső úgy van illesztve, hogy a cső egyik szára a vízbe merül, a másik szára pedig az edényből kinyúlik. A lombikban levő víz forralása által keletkező gőzök a zárt edény vizére nyomást gyakorolván, a meggömbített csövön át kihajtják.

Porta a kiszorított víz mennyiségéből a fejlődő gőz mennyiségére akart következtetni. Nyilvánvaló, hogy a készülék erre a célra a lehető legalkalmatlanabb, ellenben el kell ismernünk, hogy a készülék lényegében véve valóságos vízemelő gép. Azonban Portá-nak nem az volt a szándéka, hogy vizet emeljen, ha tehát készülékét gőzgépnek tekintenők is, Porta azt ilyennek nem tartotta.

Szólhatnánk még néhány régibb gépről, így például a Blasco de Garay spanyol kapitány állítólagos gőzhajójáról (1543), a Cardano által leírt levegő-gépről s a gőzgép történetében szereplő



egyéb készülékekről, de mivel nem bizonyult be, hogy e gépek valaha csakugyan összeállítottak, csak azokról fogunk szólni, melyek az újabbkori diskussziók következtében történelmi nevezetességre vergődtek.

1615-ben, tehát 9 évvel Porta említett művének megjelenése után, Salamon de Caus a *Raisons des forces mouvantes* című művében egy, a víz emelésére szolgáló készüléket írt le.

Képzeljük, hogy a vizet, mely egy Heron-lapdába van zárva, felforraljuk. A gőzök nyomása a forró vizet a lapda csövén át ki fogja szorítani s előttünk áll a Caus gépe; mert az, hogy Caus lapda helyett kazánt alkalmazott s hogy a csövet a kazán fenekébe dugta s ezután felgömbítette, a dolog lényegén mit sem változtat.

Mivel a Caus gépe magát a forró vizet emelte, a Portá-é fölött semmi előnye sincs s haladásról épen nem tanúskodik. Caus-nak érdeme legfeljebb abban áll, hogy készülékét a víz emelésére öntudatosan szerkesztette.

Még nagyobb nevezetességre vergődött Worcester angol főnemesnek készüléke.

Worcester mint politikai fogoly a Towerben ülén, észrevette, hogy a gőz fölvetette az edény fedőjét, melyben ebédjét főzték. A tünemény fölött elmélkedvén - a mihez elég ideje volt - arra a gondolatra jött, hogy talán a gőz feszítő erejét gyakorlatilag értékesíteni lehetne, s így egy víz-emelő gépet talált föl.

Eddig a monda. Azonban Worcester-nek feltalálói nevét egy kis munkája biztosítja, mely 1663-ban *A century of inventions* (száz találmány) cím alatt jelent meg. A műben leírt száz találmány között van leírva az a készülék is, mely a vizet 40 lábnyi magasságra emeli. Azonban a gépezet leírása oly homályos, hogy nem csodálkozhatunk, ha Arago, persze kissé a hazafias buzgalom által is sarkalva, azt állítja, hogy a Worcester gépe a Caus-énál semmivel sem különb; e mellett a Caus gépe 48 évvel korábban publikáltatott. Arago még azt is mondja, hogy

nagyon valószínű, hogy a Worcester gépe is csak úgy tervben maradt, mint a Caus-é. Ez utóbbi állítás, legalább a mi Worcester-t illeti, nem egészen helyes, mert egyes okiratok az ellenkezőről tanúskodnak. A mennyire a fennmaradt okiratokból kiigazodni lehet, föltehető, hogy a Worcester gépe korántsem lehetett olyan egyszerű mint a Caus-é.

Worcester gépe, feltalálójának minden üzgebuzgalma mellett sem vált ismeretessé. Így eshetett meg, hogy némelyek abban a gyanúban vannak, hogy Savery híres gépe a Worcester-félének utánzata vagy legfeljebb tökéletesítése volt. Savery kapitány, kinek életviszonyairól majdnem semmit sem tudunk, gépével 1698-ban lépett föl, s miután szabadalmat kapott, 1699-ben a gép egyik mintáját a Royal Societynek mutatta be, 1702-ben pedig külön füzetben írta le. Savery kis művét a bányászok barátjának (The miner's friend) nevezte. De a bányászok, mondja Arago, eme figyelem iránt nem sok elismeréssel voltak, mivel mindössze is csak egy gépet rendeltek

meg; miből következtethetjük, hogy a gép csak kisebb vízmennyiségek emelésére használtatott, nevezetesen, hogy több házat és kertet vízzel látott el.

A Savery gépe minden megelőző vízemelőt mind elvi, mind pedig gyakorlati szempontból fölülmúlt. Ez a gép nem a kazán vizét emelte, hanem a gőzt külön kazánban fejlesztette s csak ezután vezette azt abba a zárt edénybe, melyből a vizet felszorítani akarta. Ezt az edényt összekötötte egy másik edénynyel, úgy hogy mikor az első edényből a víz már kiszorított, a csapok és szelepek megfelelő elhelyezése után a gőz a második edénybe tódult s ennek vizét emelte föl. De ugyanekkor az első edényt kívülről hideg vízzel leöntvén, a benne levő gőzök lecsapódtak, s ennek következtében a légnyomás egy reservoirtól ismét vizet szorított bele. Ezután a víz ismét az első edényből szorított ki s a gőz a másodikban sűrített meg, és így tovább.

Látni való, hogy a Savery gépe, mely emelő- s egyszersmind nyomó szivattyú is volt, folytonosan működött. Gyakorlati előnye abban állott, hogy a gőzt külön kazánban fejleszté; ellenben a felhasznált gőz megsűrítése új elv volt, melyet sikerrel alkalmazott. Savery még kitalált egy módszert, melynek segítségével a kazánt meleg vízzel táplálhatta; tehát a kazán megtöltése nem járt lehűtéssel, azaz hőveszteséggel. Ez pedig egyenértékű a tüzelőanyagnak megtakarításával.

A Savery vízemelője szerzőjének díszes helyet biztosít a gőzgép történetében. Csakhogy nem bizonyos, hogy Savery a gépét önállóan találta föl. A legsúlyosabb vád Desaguliers-nek (ki maga is foglalkozott a gőzgép javításával) az az állítása, hogy Savery a gépét egyenest az *A century of inventions* alapján állította össze, s hogy a plagiátumot eltakarja, nevezett műnek mindegyik példányát, melyet csak megszerezhetett, elégette.

### III. Az újabb gépek története.

Azok a gépek, melyekről eddig szóltunk, a jelenlegiektől nemcsak berendezésükben, hanem a mi bizonyára még sokkal fontosabb, működésük elveiben is annyira különböznek, hogy méltán gondolkodóba eshetünk, vajjon a gőzgépekhez számítsuk-e azokat vagy sem. A modern gőzgép ott kezdődik, a hol a gőz egy külön hengerbe vezettetvén, az által, hogy feszítő ereje a henger dugójára vagy közvetetlenül hat, vagy legalább is alkalmat nyújt arra, hogy a levegő nyomása a dugóra, mint mozgató erő, érvényesülhessen: a gőz a dugó egyenes vonalú mozgását s a kellő mechanikai kapcsolatok által az egész gépezet mozgását idézi elő.

Ha így fogjuk föl a dolgot, akkor a kezdeményezés érdeme kétségenkívül Papin-t illeti meg.

Mondottuk már, hogy e jeles férfiú tudományos pályafutását mint Huyghens segédje kezdte meg s hogy ez által alkalma volt a Huyghens tervezte puskaapor-géppel megismerkedni s a légszivattyút tökéletesbíteni. Tevékenységét, még

pedig fokozott mértékben, a Boyle laboratóriumában folytatta.

Nem lehet tagadni hogy a légszivattyú és a gőzgép között bizonyos kölcsönösség van; nem csoda tehát, ha Papin, miután a levegő ritkításával már tüzetesen foglalkozott, figyelmét egy másik, a légszivattyúval rokon fizikai szerkezetre fordította.

Papin Angolországból Velenczébe ment, de csakhamar visszatért s 1688-ig Londonban maradt. Ezután a hesseni landgraf szolgálatába lépett. A dicsőséget, melyet a francia névnek gőzgépével szerzett, német földön vívta ki, mivel tervével 1690-ben az Acta Eruditorum-ban lépett föl. E dátumból kitűnik, hogy Papin terveit, melyekről azonnal fogunk szólani, jóval megelőzték a Savery gépét, s mivel Papin már régebben foglalkozott a gőzgépnek, vagy legalább működésében analog gépnek eszméjével, mondhatjuk, hogy a tulajdonképeni gőzgép kezdete a tökéle-

tesbített vízemelő gépek kezdeteivel legalább is egykorú.

Papin gépének a következő szerkezete volt: fémhengerbe vizet öntött s ezután abba szorosan illő dugót tolt; a hengert melegítvén, a víz felforrott s a gőzök a dugót majdnem a henger végéig kitolták. Hogy most a dugó visszamenjen, meg kellett szüntetni a gőz feszítő erejét, mivel ez esetben a levegő egyoldalú nyomása a dugót visszatolja. Papin ezt úgy érte el, hogy a henger alól a tüzet egyszerűen eltávolította, mi által a henger lehűlt, a gőzök lecsapódtak, a dugó alatt légüres tér keletkezett, tehát a légnyomás a dugót visszatolta. Hogy a dugónak ezt a le-föl mozgását többször ismételje, a hengert ismételve melegítenie s a tüzet el kellett távolítania.

Ha csupán a gőzgép elve lebeg szemeink előtt, tétovázás nélkül be kell ismernünk, hogy a Papin gépe igazi gőzgép, még pedig alacsony nyomású gőzgép volt. Egészen másképen áll a dolog, ha a gépnek gyakorlati oldalát tekintjük. Bővebb fej-



tegetések nélkül is azonnal átláthatjuk, hogy Papin eredeti berendezése mellett a dugó gyors járására, tüzelőanyag kimélésére s a gépnek egyszerű s csak valamennyire kényelmes kezelésére gondolni sem lehet.

Mindezt Papin maga is belátta, mert kijelenté, hogy a gép szerkezete különféle konstrukciók által tetemesen javítható volna. De ő maga bár egyes javításokat végre is hajtott s kigondolta, hogy miként lehetne a dugó le-föl mozgását folytonos mozgássá átalakítani - a gépet nem tökéletesbíté annyira, hogy azt gyakorlatilag alkalmazni lehetett volna.

Azonban az eszme helyes volt, s habár a tökéletesebb kivitel érdeme nem őt illeti meg, alapvető érdemeit elfogulatlanúl senki sem tagadhatja.

Poggendorff azt fejtegeti, hogy a kondenzáció elve nem kizárólag a Papin érdeme. Ez részben igaz is, a mennyiben már Savery gépe is kondenzációval működött, de valamely dugónak mozgásáról még szó sem volt. Hogy azonban Hau-

tefeuille-nek a kondenzációra vonatkozó eszméi, melyeket 1682-ben terjesztett elő, annyi értékkel bírnának, mint Papin-nek a valósággal keresztül vitt eszméje, ezt határozottan Poggendorff sem állítja, bár azon van, hogy az Arago magasztalásaival szemben a Papin érdemeit lehetőleg redukálja.

Papin sorsa az élet nehézségeivel küzdő száműzöttek minden viszontagságát előtűnteti. Fáradhatatlan szelleme mégis mindig nagy és merész tervekkel foglalkozott. Papin teljes öntudatában volt ama nagy eredményeknek, melyeket a gőzgép alkalmazása által majd el lehet érni. Sőt ez irányban ő maga is egy jelentős kísérletet tett: megpróbálta a gőz erejét hajók mozgatására alkalmazni. Minthogy azonban az ő hajóját a gőz által fölemelt s ezután a vízikerekek lapátjaira leeső víz hajtotta, azt gőzhajónak alig lehet nevezni.

Papin 1707-ig Marburgban mint a fizika tanára működött. Hogy mily sorsa volt élete utolsó nap-

jaiban, arról semmi tudomásunk nincs s haláláról is csak annyit tudunk, hogy az 1714 körül következett be.

Arago találóan hozza föl, hogy az emberi társadalom mindegyik osztálya közreműködött ama gépnek létrehozásán, mely az egész emberiség javára szolgálendő vala. Valóban, ha végig tekintünk azokon, kiket eddig fölemlítettünk, azt látjuk, hogy majdnem mindegyikük az emberi tevékenységnek más-más ágában volt otthonos. A kikről most fogunk szólni, egyszerű iparosok, munkások valának; a társadalomnak ez az osztálya is kivette a maga részét.

Newcomen vaskereskedő és Cawley üveges, két anabaptista a devonshirei Dortmund-ban, 1705-ben, tehát 15 évvel Papin első értekezésének közzététele után, egy gépet szerkesztettek, melynek eredeti rendeltetése szintén a szivattyúzás volt. E gépnél egy függélyes henger, a gőzhenger, közvetlenül egy kazán fölött állott s az utóbbival csappal elzárható cső kötötte össze. A

gőzhengerbe illesztett dugónak nyele egy kétkarú emeltyűnek egyik végével (lánczczal) volt összekapcsolva; az emeltyű másik végén a szivattyú rúdja s még egy külön ellensúly csüggött; végre a gőzhengert egy hengeralakú másik edénnyel övezték körül.

Hogy a gép működjék, a kazánból a gőzhengerbe gőzt bocsátottak; ekkor az emeltyűre akasztott ellensúly a dugót fölemelte. Hogy a dugó visszafelé menjen, a gőzhenger és a kazán közötti összeköttetést a csap segítségével megszakították és a hengerben levő gőzt megsűrítették. Az utóbbit az által érték el, hogy a gőzhenger és az ezt körülövező második henger közé hideg vizet öntöttek. Mikor a légnyomás a dugót már visszaszorította, tehát az emeltyű másik végén csüngő ellensúlyt a szivattyú nyelével együtt fölemelte, a sűrítésre szolgáló vizet leeresztani s az egész eljárást egyszerűen ismételni kellett.

E gépnek, melyet azóta a Newcomen gépének neveztek, a Papin gépe fölött két lényeges jó ol-

dala volt: először, a gőz külön kazánban fejlődött; másodsor, a gőz megsűrítése nem a tűznek egyszerű eltávolítása által, hanem a sokkal gyorsabban ható hűtés által történt. Igaz ugyan, hogy már Savery alkalmazta a külön kazánt és a vízzel való sűrítést, de ne feledjük, hogy a Savery gépe közvetlen víz-szívó volt, holott a Newcomen gépe már dugót mozgatott, tehát esetleg más munka végrehajtására is lehetett volna alkalmazni. A Newcomen gépe már valóságos gőzgép volt.

Mivel a Newcomen és Cawley idejében a mechanikai technológia még nem volt annyira kifejlődve, hogy egészen rendes fémhengereket és légzáró dugókat készíthettek volna, úgy segítettek a bajon, hogy a dugó fölé kevés vizet öntöttek, hogy ez a víz a dugó és a henger között levő csekély hézagokat betöltse. De éppen a gépnek ez a tökéletlensége egy fontos javításnak vált kútfejévé. Newcomen és Cawley egy ízben azt tapasztalták, hogy gépeik egyike sokkal gyorsabban dolgozik, mint a többi.

Hosszas fürkészség után kitudták eme föltűnő jelenség okát. Ugyanis a dugó oldalfölülete egy kis sérülést szenvedvén, a sérült helyen a gőzhengerbe hideg víz csepegett, a mi a gőz gyorsabb megsűrítését s evvel a gép gyorsabb mozgását vont maga után. Newcomen ez észleletből okulva, a külső hűtőt eltávolította s a gőzhengerbe hideg vizet fecskendezett. Ez által a gép mozgásának megvolt a megkívántató gyorsasága.

Mindazonáltal a gépnek még mindig megvolt az a rossz oldala, hogy a különböző csapok nyitása és zárása egy külön munkást foglalkoztatott. A munkásnak egész figyelmét kellett arra fordítania, hogy a kellő időben gőzt, aztán pedig hideg vizet ereszszen a hengerbe, hogy a hengerből a vizet egy külön csapon kiereszsze és így tovább.

Egy ízben a gép szabályozásával egy Humphry Potter nevű fiú bizatott meg. Míg ő a géppel vesződött, pajtásai játszottak. Az ifjú Potter a gépet nem merte odahagyni, de gyermeki vágya, hogy

társai játékában részt vehessen, szellemét találékonyságá tette. Fölismerte, hogy az emeltyű ingásai a csapok állásaival határozott összefüggésben vannak, hogy tehát az emeltyű maga elvégezhetné a gép szabályozását. A csapok markolatait az emeltyű alkalmas pontjaival madzagokkal összekötötte; az emeltyű ingásai közben hol az egyik, hol a másik madzagot meghúzván, a gépet kézzel szabályozni többé nem kellett.

Potter találmányát a tökéletesbítés nyomban követte. A gépszerkesztők madzagok helyét szilárd rudakat alkalmaztak, a rudak helyét később még tökéletesebb regulátorok foglalták el. Azonban, hogy a gőzgép "magától" ment s hogy a fűtőn kívül más kezelőre nem volt szüksége, ezt a gyermek Potternek köszönhetjük.

Még csak azt akarjuk megjegyezni, illetőleg újra kiemelni, hogy mind a Papin, mind pedig a Newcomen gépe atmoszferás gépek valának, azaz hogy tulajdonképen a levegő nyomása volt a mozgás előidézője; a gőz csak arra való volt,

hogy a levegő nyomásának úgyszólván alkalmat adjon, hogy hatását érvényesíthesse.

#### IV. Watt gőzgépe.

Emlékezzünk vissza Watt életének ama pontjára, midőn a glasgowi egyetem fizika-tanára őt egy Newcomen-féle gép mintájának javításával bízta meg. Evvel megtaláljuk azt a kapcsot, melylyel Watt-nak a gőzgépre vonatkozó munkálatait a gőzgépnek előterjesztett történetéhez fűzhetjük. Ez a visszaemlékezés elegendő arra, hogy Watt életének legfényesebb szakaszát mintegy előre is feltárva lássuk.

A Newcomen gépe, mindamellettt hogy lényeges javításokon ment át s elméleti szempontból semmi kívánni valót nem hagyott hátra, sokáig nem tarthatta volna fönn magát. A gépnek, melytől nem csupán azt várjuk, hogy a fizika törvényei szerint szabályszerűen működjék, hanem azt is, hogy, mint munkatermelő, a költségesebb erőforrásokat kisorsítsa, nemcsak elméletileg kell hogy tökéletes legyen, hanem még a gyakorlati



igények szempontjából is helyt kell állania. Hogy a Newcomen gépe ez utóbbi kíváncságnak alig-alig tehetett eleget, ezt nem nehéz belátni. Mivel a hideg vizet csak akkor volt szabad a gőzhengerbe fecskendezni, mikor a dugó lefelé-járását megkezdé, s mivel a gőz egyszerre nem csapódhatott le, a dugónak még bizonyos feszültségű gőz ellen kellett mozognia, tehát a légnyomás hatása teljes mértékben nem érvényesülhetett. De ez a bajnak csak a kisebbik része volt. A sűrítésre szánt hideg víz nemcsak a gőzt, hanem a gőzhengert is lehűtötte, minélfogva a gőz, mely a dugó fölfelé mozgásánál a hengerbe tódult, hideg helyre jutván, nagy részben lecsapódott. Ez a lecsapódás addig tartott, míg a henger falai a gőz mérsékletére fölhevültek, tehát a gőznek tetemes része kárba veszett, nem is tekintve azt, hogy eme lecsapódás következtében a gép járása nagyon meglassított.

Látjuk tehát, hogy a Newcomen gépe a gőzzel épen nem gazdálkodott. Pedig ha meggondoljuk, hogy egy kilogramm víznek 100 fokú telített

gőzzé való átváltoztatására annyi hő kell, mint a mennyivel körülbelül 500 kilogramm víznek mérsékletét egy fokkal növelhetjük: azonnal látjuk, hogy a gőz fejlesztésére sok, nagyon sok hő kell. Sok hőt pedig csak sok tüzelőanyagnak, tehát nagy pénzösszegnek árán lehet előállítani. Watt a Newcomen-féle gép eme hiányait azonnal fölismerte, s mivel egyszersmind belátta, hogy a gőzgép gyakorlati értéke nagy mértékben függ a felhasznált gőz mennyiségétől, első törekvése az volt, hogy a gőznek és az előállítására megkívántató hőnek mennyisége között fennálló viszonyra vonatkozó, addig még hiányzó adatokkal rendelkezék.

Watt kaloriméteres kísérletekhez fogott. Meghatározta, hogy bizonyos mennyiségű szénnel mennyi vizet lehet gőzzé átváltoztatni; hogy mennyi gőzt fogyaszt el a Newcomen gépe, míg az emeltyűje egy teljes lengést végez; hogy mennyi hideg vizet kell a gőzhengerbe fecskendezni, hogy a gőz teljesen lecsapódjék.

Az eredmények arról győzték meg őt, hogy a Newcomen-féle gép munkája nem áll arányban a felhasznált gőz mennyiségével, tehát nem áll arányban a tüzelő anyag mennyiségével sem. Beható elmélkedés - és nem a véletlen által - arra az eredményre jutott, hogy a gép csak akkor fog olcsó munkát termelni, ha a gőz megsűrítése nem magában a gőzhengerben, hanem egy külön edényben történik: a kondenzátor fel volt találva (1765).

A kondenzátor Watt-nak legnevezetesebb találmánya.

A fecskendezés fölöslegessé vált, mert a mint a gőzhenger és az üres hűtő edény közötti összeköttetés helyreállítatott, a gőz a hűtőbe tódult s lecsapódott, a nélkül, hogy a henger lehűlt volna. Hogy a kondenzátor mindvégig hatásos maradjon, Watt a benne összegyülemelő levegőt, meleg vizet és gőzt egy külön szivattyúval távolította el, melyet maga a gép hajtott.

A Newcomen gépe nemcsak a sűrítés módja, hanem egyéb hiányok miatt sem lehetett takarékos. A dugót a külső hideg levegő nyomta vissza, tehát le is hűtötte, minélfogva a dugóra is sok gőz csapódott le.

Watt a dugót a külső levegőtől egészen elzárta. Ugyanis a gőzhengernek felső végét is befödte, még pedig úgy, hogy a födélen csak a dugó nyele járhatott keresztül. A dugó most a gőzhengert két részre osztotta, s midőn lefelé kellett mozognia, Watt a dugó fölé a kazánból gőzt vezetett, mely gőz a külső levegő szerepét vállalta magára. Midőn a dugó lefelé-mozgását befejezte, a dugó alatti tért, mely a kondenzátor hatása következtében üressé lett, a dugó fölöttivel összekötötte, minélfogva a felső tér gőzének egy része a dugó alá tódult. Most a dugó mindkét oldalról egyenlő nyomásnak lévén kitéve, az emeltyűn csüngő ellensúly azt ismét fölemelte.

A kondenzátornak s a többi javításoknak haszna annyira szembeűnő volt, hogy csodálkoznunk

kell azon, hogy Watt két éven át semmi kísérletet sem tett arra nézve, hogy gépét nagyban kivigye, holott várni lehetett, hogy a mint vele föllép, a Newcomen költséges gépeit azonnal ki fogja szorítani. Eme késedelem okairól akar számot adni Arago-nak következő megjegyzése: "Valamely találmány szerzőjének mindig meg kell küzdenie azokkal, kiknek érdekeit a találmány sérthetné; továbbá azokkal, kik makacsúl védelmezik mind-azt, a mi régi; végre az irigyekkel. Nyíltan megvallva, a közönség többsége eme három csoport egyesüléséből áll".

Watt az első nagy gépet, mely hozzája kötött várakozásoknak teljesen megfelelt, Roebuck doktornak, a carron-i híres kohók alapítójának társaságában építette. Szabadalmának két harmadáról üzlettársa javára lemondott.

Idő folytán Roebuck a vagyonának nagy részét elveszítvén, Watt, a helyett hogy más üzlettársakat keresett volna, találmányáról lemondott s idejét mérnöki munkálatokkal töltötte. Ezek három-

szögtani fölvételek, lejtőmérések és csatornaépítések valának.

Így tartott ez 1774-ig. Bár a Watt mérnöki munkálatai minden tekintetben figyelemre méltók valának s a közjó előmozdításában jelentős részük volt, mégis sajnálnunk kellene, ha tovább is ezen a téren működött volna. Szerencse, hogy 1774 elején közelebbi érintkezésbe jött Boultonnal, kinek a Birmingham melletti Sohoban igen híres aczélgyára volt. Boulton maga is kitűnő feltaláló volt; vállalkozó szelleme pedig nagyon alkalmas volt arra, hogy Watt-nak tevékenységét és a találmányai fontosságával arányban nem levő ambícióját éleszsze. A két férfiú barátsága csak a Boulton halálával szűnt meg; Watt mindig a legnagyobb elismeréssel emlékezett meg azokról az előnyökről, melyeket Boulton barátságának köszönhetett.

Mivel Watt szabadalma csak néhány évre szólt, a két barát annak meghosszabbítása végett a parlamenthez folyamodott. Azonban az alsó ház

számos tagja, köztük a híres Burke is, a szabadság megnyújtása ellen nyilatkozott s a folyamosdók csak barátaik buzgó közbenjárásának köszönhatték, hogy a szabadság 25 évre megnyújtott. Ezután Boulton és Watt azonnal hozzáfogtak nagy vízemelő-gépek konstrukciójához, s mivel az új gépek a velük egyenlő hatású Newcomen-féle gépek által fogyasztott kőszén három negyedét megtakarították, a bányavidékeken, különösen pedig Cornwallben a régi gépeket csakhamar kiszorították. Boulton és Watt minden gépért évi illeték fejében a megtakarított kőszén értékének harmadrészét kapták. Arago fölemlíti, hogy a chace-water-i bányák tulajdonosai, kik három szivattyúval dolgoztak, évenként 60,000 franc-ot fizettek, tehát a megtakarítás csak abban az egy telepben évenként 180,000 francra rugott.

Mennél több joga van valamely találmánynak arra, hogy az emberiség közkincsévé váljék, annál kevésbbé hajlandók az egyesek a feltalálók jogait elismerni. Önzés és irigység a nagy dolgok rendes kísérei. Miért adózzék a sokaság az egyes

embernek, kit csak a találmány eszméje illet meg, hiszen az eszme később más valakiben is megszülemlett volna! Így gondolkozhattak a cornwallisi bányatulajdonosok is, mert egypár év után az évi illetékeket mindinkább növekedő huza-vonával fizették, s később kereken megtagadták. Watt és társa e miatt végnélküli pörökbe keveredtek. Mindamellettt hogy ügyöknek pártfogói Angolország legkiválóbb férfiai valának s ennélfogva a pöröket rendre megnyerték, a támadások Watt-ot nagyon elkésérítették. Nem az bántotta őt, hogy az anyagi haszonélvezettől akarták megfosztani, hanem az, hogy eszméit akarták eltulajdonítani. S ha Watt anyagi érdekeinek védelmére kelt, ezt kellett tennie, mert ha azokat feladja, velük együtt eszméinek jogairól is lemondott volna.

Mindamellettt hogy Watt-nak sok keserűséget kellett túrnie, jeles barátjainak pártfogása őt új tevékenységre ösztönözte. Így jött létre a második nagy találmánya, a kettős hatású gép. Ugyanis Watt a gépét úgy módosította, hogy a dugó fő-



lötti gőzt többé nem a dugó alá, hanem szintén a kondenzátorba vezette, s mind a dugó alá, mind pedig a dugó fölé közvetetlenül a kazánból vezette a gőzt. E gépnél tehát tisztán a gőz volt a mozgató erő, a levegő nyomására, vagy az emeltyűn levő ellensúlyra többé szükség nem volt. A gép most már nemcsak a szivattyúzásra, hanem bármely munka végrehajtására egyaránt alkalmas volt.

Azonban az így módosított gépnek működése elé akadály gördült. A dugónak szilárd, hajlíthatatlan nyele egyenes vonalban mozog, holott az emeltyű végpontjai köríveket írnak le. Miképen kell tehát a dugónyelet az emeltyűvel összekapcsolni? A régi egyszerű működésű atmoszférás gépeknél ez az akadály nem merült föl, mivel a dugó nyelét az emeltyű végével lánczczal lehetett összekötni, de a kettős működésű gépnél a lánczot a dugónak fölfelé mozgásánál - mivel nem az ellensúly emelte a dugót - használni nem lehetett.

Watt ezt a feladatot is megoldotta; s ha a megoldás találmányai között nem is a leghasznosabb, de bizonyára a legelméesebb. Négy rudat parallelogrammá egyesített s ezt a szerkezetet úgy kapcsolta a dugó nyele és az emeltyű közé, hogy míg három csúcspontja köríveket irt le, a negyedik, a dugó nyelével összekötött csúcs egyenes vonalban mozgott. A parallelogramm szabályszerű és biztos játéka Watt-ot már az első kísérlet után is nagyon meglepte. "Midőn először láttam a játékát", mondá Watt, "az újságnak teljes ingerével hatott rám, mintha csak a más találmányát szemléltem volna."

A parallelogramm Watt-nak harmadik, de nem utolsó találmánya. A gőzgép, miután a tökéletesedésnek már ennyi fázisán ment át, még egy hibában szenvedett.

A ki a gőzgépet a jelenlegi rendkívüli elterjedése miatt valami mindennapi eszköznek tekinti, alig hinné el, hogy mennyi gondot adott az egy

lángeszű feltalálónak, míg olyanná lett, hogy mindennapinak lehet tekinteni.

A gőzgép hibája az volt, hogy nem járt egyenletesen. A gőzgép lassúbb vagy sebesebb járása a gőzhengerbe tóduló gőz mennyiségétől s a gép által végrehajtandó munka nagyságától függ. Ha a gőz mennyisége vagy a munka nagysága (például a dolgozó géprészek be- vagy kikapcsolása által) hirtelen megváltozik, a gép járása hirtelen meglassul vagy meggyorsul s az alkotórészek az egyenetlen járás miatt tetemes kárt szenvednének. Watt erről az eshetőségről is gondoskodott. A gőzhenger szellentyűit egy sajátoszerű készülékkel, a kormányzóval (governor) hozta kapcsolatba. E készülék, melyet jelenleg centrifugális szabályozónak nevezünk, a gőzt a végrehajtandó munka nagyságának megfelelő mennyiségben vezeti a gőzhengerbe, s ha még helyesen szerkesztett lendítő kerékkel köttetik össze, a gép járását oly egyenletessé teszi, hogy a gép a legfinomabb szövetek készítésére ép oly alkalmas, mint az izzó vastömegek idomítására.

Watt továbbá azt ajánlotta, hogy a gőz, miután a dugó útjának bizonyos részét, például egy harmadát már megtette, a kazántól elzárassék, mivel ekkor a dugó, részint a már kapott sebességénél, de még inkább a gőz utólagos kiterjedése miatt, még hátralevő útját amúgy is megteszi. Ez által elkerültetnek a dugónak a henger felső és alsó falára gyakorolt lökései, melyeket a folytonosan áramló gőz idéz elő. Watt ezt az elvet, melyet a gőz expanziója elvének neveztek, 1769-ben állította föl, de azt gyakorlatilag csak 1776-ban alkalmazták Soho-ban. A gőzbeli megtakarítás az új találmány által akkora volt, hogy ezt a kondenzátor feltalálásával egyenértékűnek tartották.

A mondottakból eléggé kitűnik, hogy a gőzgép a Watt kezei között a tökéletességnek arra a fokára hágott, mely a múlt században egyáltalában elérhető volt. A gép, mely egy évszázaddal Watt előtt a próbák és kombinációk nagyreményű tárgya volt, a XVIII-ik század második felében már a gyakorlati élet jelentős tényezőjeként szerepelt.

Ennyi siker bizonyára elegendő volna, hogy egy kiváló férfiú életét, mint az emberiség javára hasznosan töltöttet, az utókor előtt emlékezetessé tegye. Azonban Watt érdemei nemcsak az imént ismertetett javításokra szorítkoznak. A mondottakon kívül még számos találmány tanúskodik a gőzgép mesteréről. Tüzetes ismertetésük nagyon is messzire vezetne a technikai részletek ismertetésében; legyen elég megjegyeznünk, hogy mindegyikük jelentékenyen előmozdította a gőzgép tökéletesedését. Ha most még figyelembe vesszük, hogy a gőzgépen alkalmazott újabb találmányok eszméi - legyen elég, ha a magas nyomású gépek elvét említjük - Watt-ra vezethetők vissza, be kell ismernünk, hogy az igazán életképes gőzgépnek ő volt a megteremtője.

Ha Watt-ról van szó, mindenki önkénytelenül a gőzgépre gondol, s bármennyire legyen is igaz, hogy nevét a gőzgép által örököltette meg: a tudomány és a gyakorlat emberei között egyéb találmányai által is díszes helyet foglal el. A víz öszszetételének feltalálása által - mert csak erről fo-

gunk még szólni - oly érdemre tett szert, mely biztosítja őt arról, hogy a modern chemia meg-alapítói között tisztelettel említettessék.

## V. A víz chemiai összetétele.

A négy elem körében forgó antik felfogás a chemiai ismeretek fejlődésével mindinkább meg-rendült. Már az alchimisták által készített vegyü-letek is szükségessé tették az elemek számának szaporítását, a Boyle és van Helmont kísérletei pedig megmutatták, hogy az elemek számának meghatározása csak a vizsgálatok hosszú sora ál-tal válik lehetővé. Midőn pedig Black a szénsa-vat, Cavendish a hidrogént, Priestley pedig az oxigént, az ammoniakot és a só- és salétromsavat fölfedezte, a tények impozáns sokasága és a be-lőlük vonható következtetések a régi felfogást halomra döntötték.

A chemikusoknak egyik főfeladatává lett, hogy a különböző testek összetételét tüzetes vizs-gálat alá vessék. Azonban eme vizsgálatok az ön-tudatos buvárlat jellemét nem mindig viselték

magukon; a véletlennek még mindig volt annyi tere, hogy a legfontosabb fölfedezéseknél, mint előre számba nem vehető tényező, szerepeljen.

Ilyen eset adta elő magát a vízzel. Macquer francia chemikus, a sèvres-i porcellángyár igazgatója, 1776-ban sajátságos észleletet tett. Rá nézve minden esetre sajátságosat, mert vele tisztába jönni nem bírt. Hideg porcellán-csészét hidrogénláng fölé tartván, azt tapasztalta, hogy a helyett hogy a csésze kormossá lett volna, - mint ez minden más lángnál történt - ott, a hol a láng érte, vizenyős folyadék rakódott reá. Ezt a vizenyős anyagot közelebbről megvizsgálván, tiszta víznek találta, de az egész dologban valami különöset nem látott; "nem vette észre, hogy ujjaival egy nagy találmányt érintett".

1781 elején Warltire arra a gondolatra jött, hogy az elektromos szikrának, ha bizonyos gázok keverékén átcsap, a gázok szerkezetében változást kell létrehoznia. Ő ugyan egészen más változásokat várt, mint a minők valóban létrejöttek,

de előre sejtette, hogy azokat explózió fogja kísé-  
sérni, mert a levegő és hidrogén keverékével  
végrehajtott kísérletét erős fémedényben hajtotta  
végre. Azonban a keletkezett vizet valami mel-  
lékterméknek, s nem oly anyagnak tekinté, mely-  
nek a mondott kísérlet folyamában szükségképen  
létre kell jönnie.

Priestley az 1783. apr. 21-iki értekezésében  
fölemlíti, hogy Cavendish ismételte Warltire kí-  
sérletét s ugyanolyan eredményre jutott. Ugyan-  
abban az értekezésben azt a fontos eredményt  
tette közzé, hogy a keletkező víz súlya egyenlő  
az oxigén és hidrogén súlyának összegével. Ca-  
vendish kísérleteit 1781 nyarán hajtotta végre s  
szintén kimutatta, hogy a hidrogén explóziója  
súlyveszteség nélkül megy végbe. Hogy azonban  
a víz összetett test, azt még eme quantitatív meg-  
határozásokból sem következtették.

Priestley a feltalált eredményt Watt-al közölte.  
Watt 1783. apr. 26-án így válaszolt:



"Mik az ön kísérletének termékei? Víz, fény és hő. Nem vagyunk-e már most feljogosítva azt következtetni, hogy a víz nem egyéb, mint összetétele két gáznak, az oxigénnek és hidrogénnek, melyek rejtett melegüknek egy részétől megfosztattak; hogy az oxigén nem egyéb mint víz, mely hidrogénjétől meg van ugyan fosztva, de rejtett hővel és rejtett fénynyel van összekötve? Ha a fény a hőnek csak modifikációja, vagy csak bizonyos körülmény a hő föllépésénél, vagy a hidrogénnek egyik alkotó része, akkor az oxigén olyan víz, mely hidrogénjétől meg van fosztva és rejtett melege van."

Arago, ki a Watt jogait eme nyilatkozatra alapítja, fölemlíti, hogy Priestley a Watt levelét több londoni tudósnak megmutatta s ezután a Royal Society elnökének, hogy azt a társaság egyik gyűlésén előterjeszsze, átadta; de a levél csak egy év múlva jelent meg a Phil. Transactions-ban.

Watt-nak idézett levele a víz összetételét világosan kifejezi. S később mégis két pretendens lépett föl: Cavendish és Lavoisier.

Lavoisier nyilvános mémoire-ja, melyben kísérleteiről számot ad és a melyben kifejti nézetét a víz keletkezésének ama módjáról, midőn az oxigén és a hidrogén keveréke elégettetik, két hóval a Watt levelének benyújtása után jelent meg; Cavendish értekezése pedig (Experiments on air) még később (1784. jan. 15-én) olvastatott föl. S hogy a találmányra mégis jogot formáltak, ez egy mellékkörülménynek tulajdonítandó; ugyanis Lavoisier határozottan kijelenté, hogy Blagden, a Royal Society titkára, az ő első kísérleteinek (1783. jun. 24-én) szemtanúja volt s Blagden-től megtudta, hogy Cavendish hasonló kísérleteket tett. Cavendish értekezésében a Blagden közleményéről szintén tett említést, sőt azt mondotta, hogy Blagden azt is tudatta Lavoisier-vel, hogy kísérletéből miféle következtetést (a víz chemiai összetételét) lehet vonni.

Evvel Lavoisier és Cavendish között megkezdődött a vita, melyben Watt-ról még csak említés sem tétetett. Csak midőn Blagden is belekeveredett a vitába, melyet minden áron a Cavendish javára akart eldönteni, csak ekkor említette föl Blagden, hogy Cavendish és Watt ugyanabban az időtájban (1783 tavaszán) egymástól függetlenül azt a nézetet adták elő, hogy az oxigén nem egyéb, mint hidrogénjétől megfosztott víz. De mivel Blagden dátumokat nem közölt, állításai bizonyító erővel nem bírnak. A további vitatkozások a kérdést nem tisztázták s a zavart csak még inkább növelték.

Föltéve, hogy valamely fontos elméletet egymástól függetlenül többen állítanak föl, a közzétételben levő pár havi időkülönbség az érdem - de nem a prioritás - odaítélésében tekintetbe nem jöhet. A szóban forgó tárgynál az érdem három férfiút illet, de a prioritás, tekintettel a Watt leveleinek dátumára, Watt részén van. Hogy a három feltaláló közül mi illeti meg az egyiket s mi illeti

meg a másikat, azt Kopp a következőkben adja elő:

"Cavendish volt az első, a ki azt a tényt, melyből a víz összetételének fölismerése keletkezett, megállapította, a nélkül azonban, hogy el lehetne mondani, hogy ő volt az első, ki a víz összetételére következtetett, vagy pedig hogy a víz alkotó részeinek helyes meghatározását neki tulajdoníthatnók; Watt volt az első, a ki ama tényből a víz összetételére következtetett, a nélkül azonban, hogy az alkotó részek természetére vonatkozólag helyes eredményre jutott volna; végre Lavoisier ugyanabból a tényből fölismerte a víz összetételét s egyszersmind helyesen meghatározta és pontosan kijelölte a víz alkotó részeit."

Sajnos, hogy Watt kortársai tőle nemcsak a prioritást, hanem még az érdemet is el akarták vitatni. Nem akarták elhinni, hogy Watt arra is ráért volna, hogy a chemiával foglalkozzék; továbbá azt mondták, hogy Watt, ha a víz összetételét csakugyan feltalálta volna, nem tűrte volna

nyugodtan, hogy a dicsőséget tőle elvitassák. Arago az első ellenvetést avval czáfolja meg, hogy Watt-nak 1783 táján Priestley, Black, Deluc és más chemikusokkal váltott levelezésére hivatkozik; a másodikat pedig teljesen alaptalan-nak nyilvánítja, mert Watt jogáról soha sem mondott le, csakhogy türelmes természetével el-lenkezett, hogy heves vitákba keveredjék. Deluc biztatásai, hogy jogait erélyesen követelje, az el-lenkező hatást szülték; Deluc-höz intézett egyik levelének végső sorai ezek valának: "Jövendő sorsom a közönség, és nem a Cavendish úr meg barátjai támogatásától függ."

## VI. Watt magánélete. - Kitüntetései. - Halála.

Watt, kinek alkotásai nagyobb, maradandóbb és üdvösebb eredményeket hoztak létre, mint a világhódító vezérek összes diadalai, oly szerény volt, mint a mily jelesek voltak művei. Minden-kit, ki csak egyszer is érintkezett vele, megszállta a vágy, hogy a jeles férfiú őt barátságában meg-tartsa. Midőn Watt Sohoban letelepedett, a tudó-

sok, kik Birmingham-ben és környékén laktak, köztük a híres Priestley, nála gyakran összegyűltek s egy szűkkörű társulatot alapítottak. Ez a társulat, a Lunar Society (holdtársulat, mivel rendszeren holdtöltekor gyűltek össze) egyike vala ama csekély számú szövetségeknek, melyek a tudományokat a szellem erejével s a szív kedélyével mozdítják elő.

A bel- és külföld tudományos társulatai nem késtek, hogy tagjaik névsorát a Watt nevével ékesítsék. 1784-ben az edinburgi, 1785-ben pedig a londoni királyi társaság tagjává választatott. 1808-ban az Institut levelező tagjává, 1814-ben pedig a nyolcz külső tag egyikévé lett.

Watt családi élete ép oly nemes példaként áll előttünk, mint tudományos élete. 1767-ben nősült meg először; unokahugát, Miller kisasszonyt vette nőül. Nejének gyöngédsége, kiváló szelleme és víg kedélye gyakran megóvták őt az elkeseredéstől és az embergyűlölettől, melyet az elle-ne elkövetett méltatlanságok magok után vontak

volna. Midőn neje meghalt, a legmélyebb fájdalom fogta el őt. Watt fájdalma, mondja Arago, bizonyosan elnémítaná azokat az elfogúlt lelkűket, kik ezer meg ezer döntő czáfolat daczára minden kedélyességet eltagadnak azoktól, kiknek szellemét az exakt tudományok termékeny, magasztos és maradandó igazságai táplálják.

Watt második neje (szül. Mac-Gregor) az elsőhöz minden tekintetben hasonló volt. Watt 1800-ban visszavonult az üzlettől, s ezt két fiának adta át. Fiai, Boulton fiával szövetkezve, az üzletet első rangú gépgyárrá emelték. Azonban ifjabb fia, Gregory, már 1804-ben, 27 éves korában meghalt. Watt ezt a csapást alig bírta elviselni, ez időtől fogva neki az élet már semmi gyönyört nem nyújthatott, de szelleme, bár óvakodott, hogy valamely új tervvel a nyilvánosság elé lépjen, nyugton még sem maradhatott. Utolsó éveiben egy szobormásoló gép szerkesztésével foglalkozott, de tervének megvalósítását megakadályozta az 1819 aug. 25-én, 83 éves korában bekövetkezett halála.

Watt-ot a Birmingham melletti Heathfieldben temették el. A gyermeki szeretet két emléket állított neki; az egyik a handsworthi templomot, a másik a glasgowi egyetem egyik termét díszíti. Szülővárosának, Greenocknak lakói márványszobrárt készítették el s a város könyvtárában állították föl. Glasgow, Watt találmányainak bölcsője, elismerésének nagyszerű bronzemlékszobor által adott kifejezést. Végre, nagynevű kezdeményezők által megnyitott gyűjtés alapján nagy márványszobra készült, mely az angol pantheonban, a westminsteri apátságban foglal helyet.



# FRANKLIN



*Franklin.*

A múlt század második fele, a legnagyobb események előkészítője, sok fényes névnek vala a szülője. E nevek némelyikének említésénél a tudomány vívmányaira gondolunk; egy másik név a technikai haladás óriási lépéseit juttatja eszünkbe; egy harmadik név a szabadság áldásaiért érzett hálánkat ébreszti föl. Mindegyik név, szerepeljen az akár a tudományok, akár a technikai haladás, akár pedig a szabadság történetében, méltó arra, hogy a civilizáció története hálával említse; de kétszeresen dicső az a név, melyhez a tudományok haladásának és az emberi jogok diadalának emlékezete fűződik.

Ilyen név a Franklin-é, ki a fizikának tett szolgálataival fényt derített a természet működésének oly ágaira, melyeket homály borított, politikai működése pedig nemcsak az Újvilág szabadságának volt egyik hatalmas tényezője, hanem következményei által még világtörténelmi események szülőjévé is lett.

A Franklin hirdette igazságok oly földről jöttek, melyet nagy dolgok termőföldjéül annakelőtte nem tekintettek, de a Franklin tanai feltárták szülőföldje jövőendő nagyságát s ez iránt nagy reményeket költöttek. A csillagos lobogó országa meg is felelt a várakozásoknak. Eszméinek nagy részük van oly viszonyok létrehozásában, melyek a népek előtt - bármit mondjanak is bizonyos transzcendens idealisták - mindenkor mint követendő példa fognak lebegni.

Igaz ugyan, hogy Franklin politikai működéséből a fizikának vajmi kevés közvetetlen haszna volt, s mivel a fizika művelése eme rendkívüli ember tevékenységének aránylag csekély részét tévé, ha benne csak a fizikust tekintjük, őt a dicsőségnek bár jelentékeny, de mégis jóval kisebb foka illeti meg, mint a melyet mint politikai személy vívott ki; de az általa elért eredmények politikai dicsőségének visszavert fényében tündököltek, s ez a körülmény - bár a tudományok ilyenre nem szorúlnak - az általa kifejezett igazságok terjedését hathatósan támogatta.

## I. Franklin ifjúsága.

Benjamin Franklin 1706. jan. 17-én Bostonban született. Atyja, ki szappanos és gyertyamártó volt, 1682-ben vándorolt ki, s Benjamin-t, 17 gyermekének 15-ikét, a papi pályára szánta; de mivel jövedelmeiből nem futotta ki, hogy fiát tudományos pályára nevelhesse, üzletébe vette; azonban, midőn idősebb fia Angolországból visszatért, annál a könyvnyomtatás mesterségére taníttatta.

A mily kevésbé mondhatnók, hogy Benjamin mint szappanos elkallódott volna, ép oly biztosan állíthatjuk, hogy az említettük mesterség-változtatás rá nézve nagyon előnyös volt. Mint betűszedőnek alkalma volt, hogy könyveket forgasson, s ez által ismereteit gyarapítsa.

Így esett meg, hogy a betűszedőből, ki még nem rég szappanos volt, egyszerre író lett, mert Benjamin 12 éves korában két balladát írt. Nyomtatóra és kiadóra nem volt szüksége, mivel

a balladákat maga nyomtatta ki s a városban személyesen árúsította el.

Azonban az öreg Franklin-nak ez sehogy sem tetszett, s bár a legkisebb oka sem volt, hogy fiát a mesterségének elhanyagolása miatt megrójjá, a balladákat nem bocsátotta meg neki s keményen megdorgálta, mondván, hogy, ha már írni akar, hát írjon prózában ennek majd több hasznát fogja vehetni.

A szófogadó Benjamin lemondott a költészet-ről, s hogy magát a prózai stílusban gyakorolja, megtakarított pénzén könyveket vásárolt. Szorgalma nem maradt eredmény nélkül, mert alig 16 éves korában a bátyja által kiadott hírlapban névtelenül közzétett cikkei köztetszésben részesültek.

Történt, hogy bátyját sajtóvétség miatt pörbe fogták és fogságra ítélték. Azonban ez az esemény Benjamin-t a hírlapírástól vissza nem riasztotta, sőt ellenkezőleg, a siker, melyet, mint publiczista eddigelé elért, annyira fölbátorította,

hogy lapszerkesztőnek csapott föl s bátyja lapját a saját neve alatt kiadta.

Szerkesztői tiszte nem tartott sokáig. Közte s bátyja között, a mint ez utóbbi szabadságát visszanyerte, viszály tört ki. Hogy ez a viszály nagyon is komoly lehetett, kitűnik abból, hogy, ám-bár a megkötött szerződés értelmében még bátyjánál kellett volna maradnia, tőle teljesen megvált s midőn bátyja üldözései miatt lehetetlen volt még tovább is Bostonban maradnia, könyvei egy részét eladta s az ily módon beszerzett szerény útiköltséggel először New-Yorkba, innét pedig Philadelphiába utazott. Az utóbbi városban a szerkesztőből ismét betűszedő lett.

De Benjamin ekkor már jó hírnévnek örvendő fiatal ember volt; a tartomány kormányzója, William Keith, őt pártfogásába vette s önálló műhely felállítására bízta.

A vállalkozó szellemű ifjú azon volt, hogy Keith tervét minél előbb megvalósítsa. Hogy a könyvnyomtatáshoz megkívántató eszközöket

megszerezze, 1724-ben Angolországba utazott. Elindulása előtt eljegyezte magának Read kisaszszonyt. Úgy látszik, mintha eme cselekedetével is szorosabban akarta volna magát szülőföldjéhez fűzni; az óceánon túli menyasszony emléke bizonyára a hazája iránti kötelességekre emlékeztette volna, ha ugyan valaha kísértetbe jött volna, hogy szülőföldjét az Óvilággal fölcserélje.

Franklin terve nem sikerült, mert Londonban nem kapta meg az összegeket, melyeket a magával vitt hitlevelek útján kapni remélt. Azonban igazi amerikai létére el nem csüggedt s zavarából oly egyszerűen mint tisztességesen vágta ki magát: ismét beállott betűszedőnek; alkalmazást a híres Palmer könyvnyomtatójában nyert.

Metafizikai értekezése, melyet ez időben írt, s a melyben Wollaston-nak a természetes vallás eleveit tárgyaló művét czáfolgatta, őt több jeles férfival ismertette meg; ezek társasága szellemét művelte és látókörét tágította.

Azonban Franklin nem sokáig maradt Európában. Egy ízben, midőn éppen azon volt, hogy a kontinensen körutazást tegyen, egy Dunham nevű pennsylvániai kereskedővel találkozott, s ez azt az ajánlatot tette neki, hogy hozzája könyvvezetőnek szegődjék. Az ajánlat alapfeltétele szerint Franklin-nak vissza kellett térnie Amerikába, s föltehető, hogy ezt a kikötést nagyon megfelelőnek találta, mert az ajánlatot szívesen fogadta s angolországi két évi tartózkodása után 1726 október havában Amerika partjain kötött ki.

A nyugalmas élet nem volt Franklin osztályrésze. Alig hogy új hivatalába beleélte magát, járvány tört ki, princzipálisa meghalt s ő maga is súlyosan megbetegedett. Felgyógyulása után ismét kereset nélkül volt, de most is csak úgy segített magán, a hogy hasonló körülmények között már máskor is segített: megint csak a nyomtatáshoz fogott.



Ez alkalommal szegény műhelybe került, de épen ez a körülmény alkalmúl szolgált arra, hogy magát egy új mesterségbe gyakorolja be. Ugyan- is e műhely a betű-typusoknak nem igen volt bő- vében; Franklin a hiányt nagyon is érezte: a szükség betűöntőt csinált belőle.

Végre körülményei annyira javultak, hogy az általa kiképezett Meredith társaságában nyomta- tót nyitott. Kitartó munkásság által az üzletet oly virágzóvá tette, hogy egy hírlapnak kiadását is elvállalhatta. Társa az üzlettől megválván, ezt azontúl maga vezette.

Ez időtájban új papirpénz kiadását tervezték. Franklin a dolgot, mint a szakmájába vágót, ala- posan tanulmányozta s nézeteit egy rövid iratban közzétette. Ez az hat oly nagy tetszésben része- sült, hogy a jegyek nyomtatásával ő bizatott meg. E vállalat szépen jövedelmezvén, Franklin a nyomtatója mellé könyv- és papirkereskedést nyitott.

Franklin jóléte meg volt alapítva. Csak még a családi boldogság hiányzott. Mielőtt Európába utazott, jegyet váltott ugyan, de távollétében a nősülés gondjai nem igen bánthatták; talán mivel vágyai azonnal nem teljesültek, vagy talán mivel a jövőendő terveivel volt elfoglalva - elég az hozzá, hogy menyasszonyának mindössze csak egy levelet írt. Azonban miss Read nem fogta a dolog érzékeny oldalát, hanem időközben férjhez ment. De házassága nagyon szerencsétlen volt, minél-fogva a férje megszökése rá nézve még a legnagyobb szerencse volt, mert házassága ez által felbontatván, a lovagias Franklin az iránta tanúsított közönyt avval tette jóvá, hogy kezét újra megkérte s őt 1730-ban nőül is vette.

II. Franklin a közügyek terére lép s a tudományokkal foglalkozik.

Franklin, midőn megnősült, csak 24 éves volt. Eddigi törekvései főleg helyzetének megszilárdítására s jövőjének biztosítására irányultak, s bár a közjót eddig sem téveszté szemei elől, mégis a

fényes pályára, melyen mint polgár, mint államférfiú és mint tudós egyaránt tündökölt vala, csak most lépett.

1731-ben nyilvános aláírás útján alapítandó közkönyvtár tervével lépett föl. Terve megvalósult, a könyvtár Philadelphiában létre jött. A terv sikerét még magasabbra kell becsülnünk, ha figyelembe vesszük, hogy azt a többi gyarmat is utánozta.

Franklin érdemeit és tehetségeit polgártársai és a pennsylvániai gyarmati parlament egyaránt elismerték; az utóbbi titkárává nevezte ki. Eme tiszttét egymásután több éven át viselte.

1737-ben a tartomány kormányzója őt Pennsylvánia főpostamesterévé nevezte. Franklin működése nem szorítkozott csupán a reá bízott kötelességek buzgó és lelkiismeretes teljesítésére; bizonyára azt gondolta, hogy rossz szolga az, ki csak a kötelességét teljesíti, ha ennél többet is tehet. A mi ő előtte senkinek sem sikerült, az neki sikerült: kieszközölte a miliczia felállítását. A

philadelphiai ezred parancsnokává őt nevezték ki, de ezt a megtiszteltetést szerényen visszautasította.

Míg Franklin politikai és társadalmi tekintélye ily módon folyton növekedett, egyúttal összes tehetségeivel oda törekedett, hogy ismeretkörét folyton tágítsa. A tudományok csakúgy érdekelték, mint a saját és polgártársai jóléte; s mivel a nyelvek tanulására eddigelé alkalma nem volt, most teljes hévvel fogott az ókori és a modern nyelvek tanulásához. S ez a férfiú, ki semmiféle közép vagy felsőbb iskolába nem járt, csakhamar a tudós nevére tett szert, s a kik őt ismerték, benne az élet iskolájában edzett kitűnő polgárt és széles ismeretekkel bíró tudóst egyaránt tisztelték. A kormányzó és a gyarmati parlament csak akkor fogott valamely dolog kiviteléhez, ha előbb Franklin tanácsát meghallgatta.

Most, midőn Franklin-t a tudományokkal behatóan foglalkozni látjuk, elérkeztünk ahhoz a ponthoz, melytől kezdve vele mint fizikussal kell

foglalkoznunk. Életének eddig vázolt folyamában sehol sem láttuk, hogy oly körülmények közé jutott volna, melyek őt a fizika művelésére különösen serkenthették volna; ő maga sem adta valami különös jelét a fizika iránti hajlamainak. De az igazság szeretete megkedvelteté vele ezt a tudományt, s ennek, mindamelllett hogy az iskolában soha sem tanulta, kitünő művelőjévé vált. Az igazságra való törekvés, ez volt a fő motívum, mely őt arra készítette, hogy az emberi gyarlóságoktól független természetnek igazságait fürkészze. Így lett fizikus abból az emberből, ki eddigelé mint betűszedő, költő, publiczista, lapszerkesztő, könyvvezető, könyvnyomtató, kereskedő, betűöntő és főpostamester működött.

Lássuk, hogy időközben mily fokra emelkedett a fizikának az az ága, melyen Franklin a nevét megörökítendő vala.

III. Az elektromos tünemények ismeretének fejlődése Gilbert óta. - Hawksbee.

Az elektromosság tana a fizikának legifjabb ága. Gilbert előtt az elektromos tüneményeket a természet szeszélyes játékainak tartották; ez a híres orvos mondotta ki először, hogy itt az egyenmű tünemények bizonyos csoportjával van dolgunk s hogy itt is, mint a fizika többi ágaiban, bizonyos törvényeket lehet felállítani.

Gilbert példája nem maradt követők nélkül. Egyes olasz tudósok, különösen pedig a flórenczi fizikusok sok gondot s fáradságot fordítottak arra, hogy a természet eme rejtélyes játékaival megismerkedjenek, de fáradságuknak figyelemre méltó eredménye nem volt. Ezek után olyanok léptek föl, kik a megkivántató kísérleti ismeretek megszerzése helyett kényelmesebbnek tartották, hogy az elektromosság törvényeit pusztá hipotézisekből vezessék le. Pedig talán sehol sem lehet helyesebben alkalmazni, mint itt, Baco eme szavait: "Írni, beszélni, elmélkedni, cselekedni a nélkül, hogy a gondolatok útját kijelölő tényekkel kellőképen megismerkedtünk volna, annyi, mint kalauz nélkül veszélyes part mellett elvitor-

lázni, annyi, mint iránytű és kormányrúd nélkül a végtelen oczeánra szállani." S valóban Frascatoro, Gassendi és Descartes átható elméikkel az elektromosság terén értéktelen hipotéziseken kívül egyebet nem produkáltak.

A XVII-ik században Guericke és Boyle voltak az egyedüli fizikusok, kik az elektromosság tanát számba vehető eredményekkel gyarapítottak. Newton ezen a téren jóformán semmit sem hozott létre, bár egy ízben elektromos kísérletekkel is foglalkozott.

A XVIII-ik század elején egy experimentátorral találkozunk, kiben az ügyesség és szorgalom egyaránt meg volt arra, hogy az elektromos tüne-  
ményekre új fényt vessen. Ez a már többször említett Hawksbee volt, kinek életviszonyai előttünk ismeretlenek; még születésének és halálának idejét sem lehetett megállapítani.

Első vizsgálatai az úgynevezett kénesős foszforra vonatkoznak. A Torricelli-féle ürben, midőn a kénesőoszlop ingadozik, némelykor fosz-

foros csillámlást lehet észre venni. Picard volt az első, a ki ezt az észleletet tette (1675). Bernoulli János úgy vélekedett, hogy ez a csillámlás az üveg likacsain át a Torricelli-féle ürbe hatoló éternek mozgásából ered. Bernoulli és a fizikusok legnagyobb része azt az étert valami sajátságos anyagnak, a kénesős foszfornak tartották. A hollandi Hartsoeker keményen megtámadta Bernoulli nézeteit s ezután sokan keveredtek a vitába, de az elektromosságra senki sem gondolt. Végre Hawksbee lépett föl s azt mondá, hogy e sajátságos fény az üvegcső és a kéneső surlódásából eredő elektromosságnak tulajdonítandó, s ezt az állítását kísérletekkel támogatta; egyszersmind kimutatta azt is, hogy eme foszforos fény előállítására légüres tér nem okvetetlenül szükséges.

Hawksbee-nek egyik kiváló érdeme az, hogy kísérleteivel kimutatta, hogy a dörzsölt üveg az elektromosságnak bőséges forrása; a Guericke-éhez hasonló elektromos gépet is szerkesztett, melynél kéngolyó helyett üveggolyót használt;



dörzsölő szer ismét az emberi kéz volt. E géppel meglepő kísérleteket hajtott végre. Kénből, spanyolviaszból és téglaporról kevert gyantából szintén készített elektromos gépeket, de ezek sokkal gyengébb hatásúak valának. Hogy eme testek elektromossága az üvegtől minőség tekintetében különbözik, ez kikerülte Hawksbee figyelmét, a mi annyival is inkább feltűnő, mivel a vonzási és taszítási tünetényekkel sokat foglalkozott.

Hawksbee üveg-elektromos gépe volt az első, mely jelentékeny szikrákat adott, bár a szintén angol Wall által már 1698-ban egy nagyobb darab borostyánkőnek egyszerű dörzsölésével előállított szikráknak szintén jelentékenyeknek kellett lenniök, mert különben nem mondhatta volna el róluk, hogy némileg a villámra és dörgésre emlékeztetnek.

Hawksbee a vizsgálatait *Physico-mechanical Experiments on various subjects touching light and electricity* cím alatt 1709-ben tette közzé.

#### IV. Gray és Dufay. - Az elektromosság terjedése és kétféle minősége.

Hawksbee nagyszámú kísérletei, melyek között komplikáltabbak sem hiányoztak, nagy föl-tűnést keltettek ugyan, de mivel a tüneményekről számot nem adhatott, az elektromosság tana valami figyelemre méltó ténynyel még sem gazdagodott. Hawksbee művének megjelenése után húsz év telt el a nélkül, hogy a fizikusok a Hawksbee s a régibb experimentátorok kísérleteinek ismételésénél egyebet tettek volna.

Eme húsz sovány esztendőnek terméketlenségét a történetírók avval mentegetik, hogy az akkori fizikusok egyszersmind matematikusok is valának, s mint ilyenek sokkal jobban el voltak merülve a Newton és Leibnitz feltalálta új kalkulus művelésében, sem hogy az elektromos tünemények alapos tanulmányozására elegendő idejük maradt volna. Nem akarjuk e vélemény helyességét kereken tagadni, de sokkal természetesebbnek tartjuk azt a föltevést, hogy az a húsz évi

szünet, mely végre a tanok fejlődésében nem is olyan nagy idő, onnét ered, hogy a további fejlődéshez megkívántató elvi jelentőségű alapismeretek hiányoztak. Mert a fejlődést nem a tapasztalati tények sokasága, hanem az elvi jelentőségű egyszerű tények alapos tanulmányozása tételezi föl. Galilei, midőn a szabad esésnek, eme mindennapi tüneménynek törvényeit megállapította, az egész dynamikának alapjait vetette meg.

Igaz ugyan, hogy az elektromos tünemények a vizsgálódásnak egészen sajátzerű körét képezik, mert itt oly tüneményekkel van dolgunk, melyeket a természet mindennapi működése mintegy önmagától csak ritka esetekben tár föl, tehát a kísérletek folytonos változtatása és minden eshetőségre kiterjeszkedő átalakítása ezen a téren sokkal szükségesebb, mint a fizikának bármely más ágában; de mégis, itt is csak csekélyszámú, de biztos alapelvek tételezik föl a fejlődés további folyamatát. Már pedig bármily nagy elismeréssel kell lennünk a Hawksbee ügyessége és kitartó szorgalma iránt, ki kell mondanunk, hogy nagy-

számú kísérletei, mindamellettt hogy az elektromos tüneményeknek nem egy sajátzerűségét tñntették föl, valamely elvies tñnyt föl nem derítették.

Az igazi haladás az elektromosság terjedésének és kétféle minűségének fölismerésével kezdűdik. Az angol Gray-t és a franczia Dufay-t illeti az érdem, hogy ama tñnyek feltalálásával a termékeny vizsgálatok hosszú sorát megnyitották.

Stephen Gray, kinek életviszonyairól nagyon keveset tudunk, 1729-ben erélyesen hozzálátott az elektromos tñnemények tanulmányozásához.

Eleintén azt kutatta, vajjon a fémek melegítés által nem ruháztatnak-e föl vonzó erővel. Késűbb megpróbálta, vajjon egy üvegcsűnek elektromos állapota nem szenved-e változást, ha a csű két vége parafadugóval el van zárva.

A dörzsűlt zárűt üvegcsű ugyanolyan hatásokat hozott létre, mint a nyűlt csű, de a kísérlet még sem maradt eredménytelen, mert Gray egy nem várt fontos tñnynek ismeretére vezetett.

A mint ugyanis a cső felső végét pelyhekhez közelítette, ezek a dugóhoz repültek, tehát a dugónak is meg volt a cső tulajdonsága. Ez az eredmény nagyon meglepte Gray-t, de a kísérletet többször egymásután ismételvén, mindig csak az előbbeni tünetmény mutatkozott. Akarva nem-akarva azt kellett föltennie, hogy az elektromosság egy része az üvegről átment a dugóra, vagyis hogy az elektromosság vezetett.

Gray ezután a dugóba fenyőfapálczát s a pálcza végére elefántcsont golyót illesztett. Az eredmény ugyanaz volt; a pálcza és a golyó a pelyheket egyaránt vonzották. A fenyőfát fém pálczával cserélvén föl, azt tapasztalta, hogy a fém pálcza csak gyengén, de a csontgolyó erősen vonzotta a pelyheket. Mivel a pálczával megtoldott csőnek kezelése kényelmetlen volt, a dugóra kenderfonalat kötött s a golyót a fonál végére függesztette föl. Az eredmény megegyezett az előbbennivel.

Eme kísérletek után Gray már meg volt győződve az elektromosság vezetéséről. Most még

csak azt akarta megtudni, vajjon lehet-e az elektromosságot nagy távolságokra vezetni.

Hogy eme kérdésre megfelelhessen, a dugóhoz nagyon hosszú fonalat kötött. Mivel a golyót ilyen hosszú fonálra fölfüggeszteni kényelmetlen volt, a ház falába vert vasszögekre szintén kenderből készült kapcsokat függesztett s a fonalat e kapcsokon végig vezette. Azonban most a golyó vonzási tüneményeket nem mutatott, miből Gray egészen helyesen azt következtette, hogy az elektromosság a kapcsok és a fal által elvezetett.

Gray ezt az elvezetést megakadályozni nem tudta. Azonban nem sokára ezen a bajon is segített.

1729-ben Grawille Wheeler, lelkész és a Royal Society tagja, meglátogatta Gray-t. A két tudós most együttesen akarta megpróbálni, vajjon lehet-e az elektromosságot nagy távolságokra vezetni. A kísérlet olyan volt mint a régi, csakhogy a kenderfonalat nem kenderkapcsokra, hanem

vékony selyemfonalakra függesztették föl, mivel abban a nézetben voltak, hogy a vékony selyemfonál igen kicsiny átmérője miatt csak kevés elektromosságot vezethet el. Várakozásukban nem csalódtak; a fonál végén levő csontgolyó a pelyheket erősen vonzotta; de midőn a selymet igen vékony fémdrótokkal helyettesítették, semmiféle vonzás sem mutatkozott.

E szerint a vezetők és a szigetelők közötti különbség föl volt találva. Azonban Wheeler és Gray nem sokat törődtek evvel a különbséggel; főtörekvésük az volt, hogy kipróbálják azokat az anyagokat, melyek az elektromosságot nagy távolságokra vezetik. Eme kísérleteknél, hogy úgy mondjuk, melléktermékül azt az eredményt kapták, hogy a selyemkapcsokon kívül más anyagok is, p. o. a kén, gyanta, stb. szintén elősegítik az elektromosságnak nagy távolságokra való vezetését; Gray 1732-ben azt is kimutatta, hogy egy gyantalepényen álló fiú a vele közölt elektromosságot nem veszíté el, mert haja az aranyfüst-szeletkéket erősen vonzotta. Sőt egyszer egy fiút

egy másik fiúval elektromozott meg: mind a két-tőt gyantalepényre állította s kezeiket vezető zsinórral összekötötte. Azonban Gray a vezetők és szigetelők között éles különbséget még mindig nem tett; a vezető és szigetelő elnevezések sem tőle, hanem Desaguliers-től erednek.

Gray észleleteit 1731- és 1732-ben a Phil. Trans.-ban tette közzé.

Franciaországban az elektromosságnak eddigelé nem volt tevékeny művelője. Azonban, a mint Gray munkái ott is ismeretessé lettek, Dufay azonnal ismételte Gray kísérleteit, melyek most új fölfedezésekre adtak alkalmat.

Dufay (tulajdonképen Cisternay du Fay, 1698-1739) már 14 éves kora óta a katonai pályán működött; részt vett a spanyol örökösödési háborúban s itt a kapitányságig vitte. A békekötés után, hanyatló egészsége miatt, a katonai pályáról lelépett s életét a tudományoknak szentelte. 1732-ben a királyi kertek intendánsává neveztetett ki.



Dufay és Gray, a mint egymással megismerkedtek, egymást kölcsönösen támogatták; prioritási verseny sohasem támadt közöttük. Dufay összesen nyolcz értekezést irt, s ezeket a párisi akadémia emlékiratainak 1733., 1734. és 1737-iki évfolyamaiban tette közzé. Valamint Gray, úgy ő is kimutatta, hogy az élő emberi testből szikrákat lehet húzni, mely tünemény a híres Nollet apátot, ki később maga is sokat foglalkozott az elektromossággal, rendkívüli bámulatba ejtette. Selyem vánkosra tett macskákat a kezével megdörzsölvén, azokat elektromosoknak találta. Továbbá megpróbálta a puskaport az elektromos szikrával felrobbantani, de ez a kísérlete nem sikerült.

Dufay-nek legfontosabb fölfedezése, egyike a legjelentősebbeknek az elektromosság terén, az elektromosság két különböző nemének fölismerése volt. Számos kísérlettel megmutatta, hogy az elektromos testek a nem elektromosakat vonzzák, de azokat, melyeknek elektromosságuk egy részét már átadták, taszítják. Egy ízben egy dör-

zsölt üvegcsövet aranyfüst-levélkék közelébe hozván, a levélkék a levegőben szabadon lebegtek. A mint azonban megdörzsölt gyantával közeledett a levélkékhez, legnagyobb meglepetésére azt tapasztalta, hogy ezek a gyanta által nem taszítatnak, hanem vonzatnak. Eme kísérletből azonnal következtette, hogy két különböző elektromosság van: az üvegelektromosság (*électricité vitrée*) és a gyantaelektromosság (*électricité résineuse*). Ezután felállította azt a tételt, hogy a különmemű elektromosságú testek egymást vonzzák, az egynemű elektromosságúak pedig egymást taszítják. Nevét eme tétel fölállítása által tette emlékezetessé, mert a többi eredményei, bár mennyire becsülendők voltak is, oly fontos következményeket, mint az elektromosság különmeműségének megállapítása, nem vontak maguk után.

A vonzás és taszítás tünetényeinek elméleti magyarázatában a Descartes-féle törvényekhez folyamodott. Elméleteinek, mindamellett hogy

beható szellemről tanúskodnak, tudományos értéke nagyon csekély.

## V. Az elektromos gép. - A sűrítő palaczk.

Gray és Dufay kísérleteiket a lehető legegyszerűbb elektromos géppel hajtották végre. Az ő gépük mindössze is kézzel dörzsölt egyszerű üvegcső volt.

Az elektromos gép tökéletesedése elvi fontosságú tényeket nem derített föl. Mégis, tekintettel ama haszonra, mely az elektromosság bőséges gerjesztésében s ez által a kísérletek könnyebb végrehajtásában nyilvánult, az elektromos gép megérdemli, hogy javításairól rövideden megemlékezzünk.

Hausen lipcsei fizika-tanár (1693-1743) az elektromosságot egy üveggömbnek gyors forgatása által állította elő, de dörzsölő szerül még mindig az emberi kezet használta.

Bose wittenbergai fizika-tanár (1710-1761) használta az első konduktort, mely nem volt

egyéb, mint bádoghenger, melyet gyantalepényen álló személy tartott; később a hengert se-lyemzsinórokra függesztette föl. Nagyhírű volt a Bose beatifikációja; ő ugyanis azt állította, hogy gyantalepényen álló személy, ha erősen meg-elektromozzák, lángokat lövel ki s e lángok lá-baitól a fejéig kúsznak föl s itt a szentekéhez ha-sonló fényövvé alakulnak. Azonban a többi fi-zikusoknak ez a csodaszerű beatifikáció nem si-került.

A skót eredetű Gordon, erfurti tanár (1712-1751), az üveggömböt üveghengerrel helyettesítette. Ő találta föl az elektromos szökőkútat, re-pülő kereket és harangjátékot.

Giessing, lipcsei esztergályos volt az első, a ki - Winkler javaslatára - dörzsölő szerül nem az emberi kezet, hanem gyapjú vánkosokat hasz-nált. E szerint az elektromos gép már tökéletes volt, mert megvolt benne a három főalkotórész: az elektromosság gerjesztője, a dörzsölő szer és a

konduktor. Persze, a kivitel még nagyon gyarló volt.

A német gépek, a mint a külföldön ismeretesebbé lettek, sokféle módosításon, de kevés javításon mentek át. Csak a John Canton találmányát lehet valódi haladásnak tekinteni. Hawksbee a barométerek világítását a kénese és az üveg surlódásának tulajdonítván, Canton direkt kísérlettel megpróbálta, vajjon az üvegcsövek nem lesznek-e elektromossá, ha kénesevel dörzsöltetnek. Az eredmény várakozásának megfelelően, dörzsölő szerűl amalgamot használt. Ennél jobb dörzsölő szert jelenleg sem ismerünk.

A mi elektromos gépeink a Canton-étól csak abban különböznek, hogy üveghengerek helyett korongokkal szerelvek föl. Ki szerkesztette az első korongos gépet? Sigaud de la Fond párisi orvos, Jesse Ramsden angol mechanikus, a németalföldi Ingenhouss és az engadini Planta eme találmányra egyaránt igényt tartanak. Az utoljára nevezett fizikus mellett a legtöbb érvet lehet fel-

hozni, de azért lehetséges, hogy a korong használatát a nevezettek mindegyike önállóan találta föl; ezt nagyon valószínűvé teszi az a körülmény, hogy a XVIII-ik században az elektromos géppel s az elektromos kísérletekkel nagyon sokan és nagyon sokat mesterkedtek.

Az elektromos géppel végrehajtott kísérletek közül egyik sem vergődött akkora elvi jelentőségre, mint az a két kísérlet, melyek majdnem egyidejűleg Németországban és Németalföldön hajtottak végre s az elektromosság sűrítésének feltalálását eredményezték. Ezek valának az első láncszemei ama vizsgálatoknak, melyek az elektromosság elméletét és gyakorlati alkalmazását egyaránt jelentős tényekkel gazdagították.

Az egyik férfiú, kinek az új találmányt köszönhetjük, Pieter van Muschenbroek, Leydenben a matematika és a fizika tanára volt. Az előadásairól és fizikai tankönyveiről egyaránt híres tanár azt tapasztalván, hogy a testek elektromosságukat a levegőn csakhamar elvesztik, arra

a gondolatra jött, hogy talán jó volna az elektromozott testeket szigetelő edényekbe zárni. E végből hosszúkás üvegpalczkba vizet öntött, s ezt azután megelektromozta. Azonban a várt eredmény elmaradt, a víz csak annyi elektromosságot vett föl mint a lapos edényekben. Történt, hogy a szintén leydeni Cunaeus, ki mint értelmes diletáns, a Muschenbboek kísérleteinél mindig jelen volt, ezt a kísérletet ismételte. Csakhogy ő az elektromosságot fémdróttal vezette a vízbe, magát a palaczkot egyik kezében tartotta. Midőn a drótot ki akarta venni, a könyökében és a mellében erős ütést érzett: a sűrítő palaczk fel volt találva.

Muschenbroek a kísérletet ismételte s eredményeit 1746-ban Réaumur-rel közölte. Levelében azt a gyermekies megjegyzést tette, hogy az elektromos ütés oly rendkívüli hatást gyakorolt reá, hogy egész Francziaországért nem állaná ki még egyszer.

Muschenbroek kísérleteivel a francziák ismerkedtek meg először; a leydeni palaczk és a leydeni kísérlet elnevezések a francziáktól erednek. Azonban a német Kleist, a kammini káptalan dékánja (Pommeraniában) 1745-ben szintén feltalálta a sűrítő palaczkot. Egy kicsiny üvegbe vaszöveget dugott, s ezt - az üveget a kezében tartva - megelektromozta. Midőn a szöveget kivette, úgy járt, mint Cunaeus: ütést kapott. Ez az ütés igen gyöngye volt, de Kleist azt tapasztalta, hogy a hatás fokozódott, ha az üvegbe borszeszt vagy kénest öntött.

Kleist megismertette találmányát a berlini Lieberkühn-nel, a napmikroskóp feltalálójával; ezután a találmány híre igen gyorsan terjedt s Krüger-nek 1746-ban megjelent *Geschichte der Erde* című művének toldalékában az egész részletesen le volt írva. Az egyidejű közlés a prioritási vitának elejét vette.

A csodálatos kísérlet iránt tudósok és nem tudósok egyaránt érdeklődtek. A testben érzett ráz-



kódás, az elektromos szikra intenzív fénye és pattanása egyaránt meglepte az experimentátorokat. Mindenki azon volt, hogy a kísérletnek újabb és kényelmesebb alakot adjon s az összegyűjtött elektromosságot szaporítsa. A sok kísérlet közül, melyekben egyesek már batteriákat használtak, az ifjabb Lemonnier kísérletei nem annyira furcsa berendezésük, mint inkább az elért új eredmények által tűnnek ki. Lemonnier azt tapasztalta, hogy száraz üveglapra vagy selyemvánkosra tett palaczkot nem lehet megtölteni, és hogy a megtöltött, de szigetelő lapra tett palaczkot pusztán a belső fölület érintése által nem lehet kisütni, de ha a belső fölületet érintjük, a külső fölület elektromossá lesz, mert könnyű testeket magához vonz; azonban eme tapasztalati tényeket kimagyarázni nem tudta.

Winkler, Nollet, Watson és Bevis kísérletei új eredményeket nem hoztak létre; csak azt kell fölemlítenünk, hogy Bevis volt az első, ki az üveglapnak mindkét oldalát staniollal bevonta s ezt az eljárást palaczkoknál is alkalmazta, miáltal a pa-

laczkok hatása jelentékenyen fokozódott. Bevis előtt legfeljebb csak a palaczk belső fölületét vonták be.

Elméleti eredményt csak Benjamin Wilson mutatott föl.

Wilson 1746 okt. 6-án Smeaton-nal levél által tudatta, hogy az elektromosság sűrítésének törvényét feltalálta. Wilson szerint az elektromosság mennyisége arányos a vezető fölület nagyságával és fordított viszonyban van az üveg vastagságával. Ez az eredmény annál meglepőbb, mivel Wilson nem staniollal fegyverzett, hanem egyszerűen vízzel töltött palaczkokat használt. Wilson később megmutatta, hogy az elektromos maradék, melynél fogva valamely palaczk egymásután többször süthető ki, sokkal csekélyebb, ha víz helyett az üveghez szorosan illő fémburkolatokat használunk.

A sűrítő palaczk feltalálása ama buzgalomnak az eredménye, melylyel a XVIII-ik század fizikusai az elektromos tüneményeket tanulmányoz-

ták. Ez az egyre fokozódó buzgalom a létrehozott sok eredmény mellett sem volt képes a palaczk elméletét feltalálni. Tudták, hogy a palaczkkal az elektromosságot sűríteni lehet; tudták, hogy mily föltételektől függ a sűrítés lehetősége, sőt Wilson a sűrítés quantitatív törvényét is feltalálta, de ez ismeretek még korántsem magyarázták meg a sűrítés folyamatát; a sűrítés elméletét még csak ezután kellett felállítani.

VI. Franklin és a sűrítő palaczk. - Az elektromosság elmélete.

Mondják, hogy a tudományok és a civilizáció haladása a nap látszólagos mozgását követte, azaz keletről nyugat felé tartott. Azonban a haladások irányának ez az összhangja csak a XVIII-ik század közepéig tartott. Az Újvilág, melyet kezdetben Európa civilizált, ez időtől fogva bőven visszafizette mindazokat a jótéteményeket, melyeket az Óvilágnak köszönhetett. Franklin szelleme lövelte az első sugarakat, me-

lyek a természet titkait napnyugatról valának föl-  
derítendők.

Franklin életének folyásáról beszélvén, említettük, hogy ifjúkorában nem találhatunk olyan jeleket, melyekből a jövőndő fizikusra következtethetnénk. Miképen lett tehát Franklin-ból fizikus? Feleljünk először erre a kérdésre.

1746-ban, tehát ugyanabban az évben, melyben a sűrítő palaczk ismeretessé vált, Franklin Philadelphiából Bostonba utazott. Az utóbbi városban alkalma volt, hogy a Skótországból éppen akkor visszatérő Spence doktor elektromos kísérleteinél jelen lehessen. Ez volt az első leczkéje a fizikából.

Midőn Franklin Philadelphiába visszatért, a londoni Collinson, a Royal Society tagja, a Franklin alapította könyvtárnak "használati utasítás" kíséretében egy üvegcsövet küldött. Franklin most maga is hozzáfogott a kísérletekhez, melyeket

Bostonban látott, s a megkívántató készülékeket a legnagyobb gonddal ő maga állította össze. Az elektromosság gyűjtésére addig vagy a sűrítő palaczkot vagy mind a két oldalukon bevont üveglapot használtak; a nagylapú battériák, melyeknél valamennyi belső és valamennyi külső fölület volt egymással összekötve, nagyon esetlenek valának. Franklin, hogy nagyobb mennyiségű elektromosságot gyűjthessen, lánczolatoss battériákat állított össze; olyanokat, melyeknél minden palaczk belső fölülete a következő palaczk külső fölületével volt összekötve. Látjuk, hogy már az első kísérleteinél is egy hasznos találmányra bukkant. Ezután megismerkedett európai (politikailag akkor még külön nem vált) polgártársainak irataival, melyekből új táplálékot és buzdítást merített.

Franklin kísérletei eredményeit az 1747 és 1754 közötti időszakban Collinson-nal levelek útján közölte. Eszméi eleintén kevés visszhangra találtak, mert senki sem tette föl az iskolázatlan könyvnyomtatóról, hogy ilyesmihez is értsen.

Mindazonáltal eszméinek eredetisége és előadásának átlátszó tisztasága által levelei híresekké lettek. Midőn Buffon a Franklin New experiments and observations on electricity című iratát francziára fordította, az amerikai könyvnyomtató egész Európában híressé lett; leveleit lefordították, s a Royal Society, mely a Franklin találmányait eleintén csak félvállról nézte, őt tagjává választotta s 1753-ban aranyéremmel tüntette ki.

Franklin fölismerte, hogy a sűrítő palaczknak két fegyverzete különmemű elektromosságokkal van megtöltve. Ez a találmány, melyet az 1747. jul. 28. keltezett levelében írt le, egyike legfontosabb találmányainak. Franklin ugyanis észrevette, hogy a selyemszálon függő, megelektromozott parafa golyó, mely a külső fegyverzet által vonzatott, a belső által taszított; ha pedig a golyót úgy elektromozta, hogy a külső fegyverzet által taszított, akkor a belső által vonzatott. Ezután elektromos ingát szerkesztett, azaz a belső s a külső fegyverzetet drótokkal olyformán kapcsolta össze, hogy a drótok szabad végén levő

fémgömbök között néhány hüvelyknyi távolság maradt. A parafagolyó, mely a két fémgömb között selyemszálon függött, felváltva az egyik s a másik gömb által mindaddig vonzatott, míg a palczk egészen ki nem sült.

Lássuk most a Franklin elméletét.

Franklin csak egy elektromos anyagot vett föl. A különböző testek anyagi minőségük szerint ebből az anyagból többet vagy kevesebbet tartalmazhatnak. Támaszkodva arra a tapasztalatra, hogy az elektromosság gerjesztésénél mindig legalább is két különböző testnek kell jelen lennie, föltette, hogy az elektromozás nem egyéb, mint ugyanannak az egy anyagnak egyenletlen szétosztása. Az elektromosság az egyik testből a másikba átmenvén, az egyik test elektromosságot kap, tehát bizonyos fölöslegre tesz szert, ellenben a másik test az elektromosságából veszít, tehát bizonyos hiánya lesz; a szerint a mint valamely testnek fölöslege vagy hiánya van, tevőlegesen vagy tagadólag van elektromozva.

Franklin ezt az elméletet nem spekuláció útján, hanem kísérleti eredmények alapján állította föl. Főképen pedig a következő kísérletekre támaszkodott:

A szigetelő lapon álló ember nem képes magát megelektromozni. Franklin szerint ez onnét van, hogy az ember az üvegtől épen annyi elektromosságot kap, mint a mennyit ő maga részéről átad.

Ellenben, midőn olyan két ember áll a szigetelő lapon, kik közül az egyik az üveget dörzsöli, a másik pedig az üvegből a szikrákat húzza, ez esetben mind a két ember elektromossá lesz, s ha ők ketten közelednek egymáshoz, a közöttük átugró szikra sokkal erősebb, mint a midőn harmadik személy érinti valamelyiküket. A dörzsölő személy az elektromosságából veszített, tehát negatív-elektromossá lett, ellenben a másik személy elektromosságot kapván, pozitív-elektromossá lett. Midőn a két személy érintkezett, az



elektromosságok mennyisége ismét kiegyenlítő-dött.

Franklin elmélete, a mint látjuk, eltér attól az elmélettől, melyet kényelmesebbnek hiányában jelenleg is használunk. Jelenleg kétféle, még pedig minőségileg kétféle elektromosságot veszünk föl; a nem-elektromos testben mindegyik elektromosságból egyenlő quantum van jelen, s ezek az egyenlő quantumok egymást neutralizálják. Az elektromozásnál a kétféle elektromosságot szétválasztjuk; az a munka, melyet a szétválasztásra fordítunk, a szétválasztott elektromosságokban mint egyesülésre való törekvés, mint helyzeti erély lappang. Mindamellet, hogy nyomós okaink vannak, hogy az elektromosságnak anyagias mibenlétét teljesen mellőzzük, ezt az elméletet mégis tűrjük. Különben is elméleti szempontból egészen közönyös, hogy az elektromosság gerjesztésénél kifejtett munka a kétféle elektromos anyag szétválasztására vagy pedig a súlyos testek molekulai rendszerének megváltoztatására fordítatik-e.

Franklin elmélete, bár alkalmazásaiban kényelmetlennek mutatkozik, mechanikai általános szempontból a kritikát kiállja. Az egyik test anynyit veszít, mint a mennyit a másik nyer: ez a föltevés az erély megmaradása elvével teljesen összefér, csak úgy kell felfognunk a dolgot, hogy az elektromozásnál kifejtett munka nem az elektromos fluidumok szétválasztására, hanem az egyféle fluidumnak, hogy így mondjuk, az átszállítására fordított. Ha már most az átszállított elektromosságot az erély bizonyos fajának tekintjük, nagyon természetes, hogy ez az erély, épen úgy mint a melegebb test melegsége, kiegyenlődni törekszik. Vannak azonban bizonyos tünetmények, melyek magyarázatánál az elektromosságnak qualitativ különös tulajdonságait el nem kerülhetjük, sőt igen jó sikerrel alkalmazhatjuk, holott a Franklin hipotézisének, a hány esetre alkalmazzuk, annyi segítő hipotézist kell fölvennie.

Az imént mondottak igazsága már az egyszerű vonzás és taszítás tünetményei magyarázatánál is

szembetűnik. Franklin itt azt a segítő hipotézist állítja föl, hogy az elektromos részecskék egymást taszítják, de a súlyos testek részecskéitől vonzatnak. Evvel kimagyarázható a pozitív elektromos testek közötti taszítás, valamint a pozitív és negatív, továbbá általában az elektromos és nem elektromos testek közötti vonzás.

Azonban a negatív elektromos testek közötti taszítást már nem magyarázhatjuk meg; mert a taszítást az eme testekben még megmaradt elektromosságnak nem tulajdoníthatjuk, mert ez esetben - a két testben egyenlő mennyiségű elektromosság maradván fenn - a testek egymáshoz képest nem is elektromosak. Ez oknál fogva Franklin azt az új föltevést teszi, hogy az elektromosságuktól egészen vagy részben megfosztott, tehát negatív elektromos testrészecskék is taszítják egymást.

Franklin elmélete a sűrítés kimagyarázására nagyon alkalmasnak bizonyult s főleg ez oknál fogva nagy tetszésben részesült.

A palaczk megtöltésénél - Franklin elmélete szerint inkább azt kellene mondanunk: a meg-elektromozásánál - a belső fegyverzet épen annyi elektromosságot kap, mint a mennyit a külső elveszít; a palaczk összes elektromossága a megtöltés előtt épen annyi mint a megtöltés után, de mivel az üveg a megzavart egyensúly helyreállítását nem engedi meg, hogy a palaczkot kisűs-sük, a belső fegyverzetet össze kell kapcsolni a külsővel.

Lemonnier azt tapasztalta, hogy a palaczkot csak akkor lehet megtölteni, ha külső fölülete vezető testekkel van összekötve. Franklin ezt az észleletet elmélete segítségével így magyarázta meg: "valamint a palaczk belsejébe elektromos tüzet hajtani nem lehet, ha a külső fölület minden tüze kihajtatott: épen úgy nem lehet valamit a meg nem töltött palaczkba hajtani, ha kívülről nem veszünk el semmit."

Franklin kísérletileg kimutatta, hogy midőn a kisütésnél az egyensúlyt helyre állítjuk, az egyik

fölület annyit nyer, mint a mennyit a másik veszít. A belső fegyverzetet dróttal kötötte össze, s a külső fegyverzet mellett czérnát függesztett föl. Valahányszor a drótot az ujjával érintette, a külső fegyverzet a czérnát vonzotta. Mert midőn a drótot érintette, tüzet húzott ki, tehát a külső fegyverzet a czérna által ugyanannyi tüzet magához vett.

Franklin a Lemonnier észleletét összefüggésbe hozta az elektromos gép működésével, melyet helyesen magyarázott.

Már Wilson és Watson észrevették, hogy a gép csak akkor működik jól, ha a dörzsölő szer fémdrót által a földdel össze van kapcsolva. Watson abban a nézetben volt, hogy a fémdrót a földből elektromosságot vezet a dörzsölt üveggolyóhoz, mely véleményhez Wilson is csatlakozott. Franklin nézete éppen az ellenkező volt. Az ő elmélete szerint a dörzsölő szernek éppen annyi elektromosságát kellett veszítenie, mint a mennyit az üveggolyó nyert; tehát a fémdrót arra való, hogy

a dörzsölő szernek módja legyen elektromossá-  
gát elveszítenie.

E szerencsés magyarázatok Franklin elméleté-  
nek nagy tiszteletet szereztek, mit egyébiránt ért-  
hetővé tesz az a körülmény, hogy már Franklin  
előtt sok fizikus, különösen pedig Watson - leg-  
alább a mi az elektromosság mennyiségének  
szétosztását illeti - a Franklin-éihoz hasonló né-  
zeteket vallott.

Azonban az új elméletnek ellenségei is voltak.  
Így például Nollet nemcsak hogy az üveg és  
gyanta-elektromosság között tett kvalitatív kü-  
lönbséget, hanem még a közvetetlenül előállított  
és az elvezetett elektromosság között is külön-  
bséget vélt feltalálhatni. Azonban az utóbbi kü-  
lönbséget csak az elektromosságnak némely je-  
lentéktelen fiziológiai hatásaira alapította. Nollet  
érveinek semmiféle jelentőségük nincs.

Ha az elektromosság elméletének történeti ké-  
pét, melyet Franklin föllépése idejében bírt, min-  
den vonásában föltüntetni akarnók, nagyon sok

kalandos nézetet kellene felsorolnunk. Minthogy ezek a tudomány fejlődésének amúgy sem ártottak, hallgatással mellőzhetjük. Kivételt csak a genfi Gallabert-nek (1712-1768) nézetei tesznek. Gallabert az elektromosságot valami éter-fajta, a tűzhöz hasonló súlytalan fluidumnak tartotta. "Az elektromos fluidumnak sűrűsége, mondja Gallabert, a különböző testekben különböző: kisebb a sűrű és nagyobb a ritka testekben. A megdörzsölt testnek molekulai mozgása van, mely mozgás az elektromos fluidumot hol vonzza, hol taszítja. Ez a fluidum, mely a megsűrítésnek ellenáll, annál sűrűbb, vagy úgyszólván annál rugalmasabb, mennél inkább távozik a dörzsölt testtől s a test körül elektromos atmoszféra képződik, a melynek sűrűsége legnagyobb a kerülete szélein s fokozatosan fogyatkozik a megelektromozott testig. A molekulás mozgások folytán ... az atmoszféra hatáskörébe tett testek vonzatnak és taszítatnak."

Ez volna az első elmélet, mely az elektromos tüneteményeket az anyagi részecskék mozgásával hozza kapcsolatba.

## VII. A légköri elektromosság és a villámhárító.

Franklin érdemei, ha csupán csak az elektromosság elméletére szorítkoznának, elegendők volnának ugyan, hogy a fizika története szerzőjük nevét megőrizze, de ezt oly népszerűvé és világszerte ismeretessé aligha tették volna, mint az a két találmány, melyekről most fogunk beszélni. Az első találmány az elektromosság és a villám azonosságának kimutatása, a második a villámhárító.

Az a gondolat, hogy az elektromos szikra azonos a villámmal, eléggé közelfekvő volt mindazok előtt, kik kísérleteiknél jelentékenyebb szikrákat kaptak. A szikra megtört pályája, fénye, csattanása és gyújtó hatásai a fizikusokat mintegy kényszerítették, hogy a szikrákat a villámmal hasonlítsák össze, és tökéletesen igazuk van azoknak a történetíróknak, kik azt állítják, hogy



az azonosság eszméje nem kizárólag a Franklin-é. Wall, Desaguliers, Nollet stb. a szikrát kicsiny villámhoz hasonlították; a lipcsei Winkler *Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers*, Leipzig, 1746. című művében az összehasonlításnak külön fejezetet szentel, s végül azt mondja, hogy a különbség csakis az intenzitásban lehet.

Azonban a hasonlóság még nem azonosság, s az azonosság egyszerű eszméjével az azonosság még nincs kimutatva.

Franklin is átlátta a hasonlóságot, de egyszersmind az a merész gondolata támadt, hogy a légkör elektromosságát közvetetlen kísérletekkel kimutassa.

Franklin már 1747-ben észlelte, hogy hegyes és éles csucsokkal ellátott testek az elektromosságot igen nagy mennyiségben gyűjtik, s ezt a tulajdonságukat a légköri elektromosság gyűjtésére is föl akarta használni. Terve, melyet 1750-ből keltezett 5-ik levelében írt le, abban állott, hogy egy igen hosszú és hegyes végű elszigetelt vas-

pálczát magas tornyon úgy akart fölállítani, hogy vele az elektromosságot a földig vezethesse. Azonban alkalmas tornyot nem találván, tervét módosítania kellett. Két keresztbe tett fapálczára selyemkendőt feszített ki s a hosszabbik pálcza felső végéhez hegyes vasdarabkát erősített s ugyane pálczához hosszú kenderfonalat kötött. Ez volt a Franklin elektromos sárkánya.

Franklin úgy vélekedett, hogy ha a sárkányt magasra fölereszti, az a felhők elektromosságát fölszívni és a kenderfonálon le fogja vezetni. Hogy a levezetendő elektromosság jelenlétét kimutathassa, a fonál végére vaskulcsot kötött s hogy a sárkányt veszély nélkül fölereszthesse, a kulcshoz ismét selyemzsineget kötött.

Franklin az így fölszerelt sárkánynyal 1752. június havában a kísérlet végrehajtásához fogott. Segédül csak fiát vitte magával, mert az emberek csúfolódásaitól tartott. Fia a sárkányt föleresztvén, Franklin sokáig várt a kedvező eredményre, de hiába. Egy sokat ígérő felhő is elvonult a sár-

kány fölött, a nélkül, hogy valami hatást hozott volna létre.

Egyszerre csak észre vette, hogy a kenderfonál egyes bozontjai ágaskodni kezdenek; erre kezét a kulcshoz közelítette s ebből valóságos szikrák ugrottak ki, melyek testét erősen megrázkódtatták. Franklin várakozását teljesültnek látta; örömeben nem is gondolt a kísérlet veszélyeire. Az elektromosság és a villám azonossága ki volt mutatva.

Franklin az ezen az úton elért sikerrel még nem érte be, mert még ugyancsak 1752. szeptember havában az első tervét is kivitte. Házán hosszú és hegyes vasrudat állított föl; a rúd alsó végéhez harangokat tett, melyek a harangjáték módjára az elektromosságot jelzendők valának. Ez a kísérlet is sikerült, sőt Franklin a légkör elektromosságával leydeni palaczkokat is töltött meg. A dörzsölésbeli és a légköri elektromosság azonossága most már minden kétséget kizárt.

A találmány híre bejárta az egész világot, Franklin neve a legnépszerűbbé lett. Pedig, ha a dicsőség nem a találmány eszméjét, hanem a kivitel elsőbbségét illette volna meg, akkor a Franklin hírére Dalibard-nak kellett volna szert tennie.

Ugyanis Franklin levelei Buffon-tól francia nyelven is kiadattak; Dalibard fordította azt a levelet, melyben Franklin a légköri elektromosság kimutatására tornyokra erősített vaspóznákat ajánlott. A mi Franklin-nak az első pillanatra kivihetetlennek látszott, azt Dalibard végrehajtotta.

1752. május 10-én, tehát körülbelül egy hóval Franklin kísérlete előtt, Dalibard a Páris közelében fekvő Marly-la-ville-ben egy 40 láb magas vaspóznát selyemzsinórokkal egy karóhoz kötött. A póznánál Dalibard távollétében Coiffier nevű szolgája állott őrt. A mondott napon a délutáni órákban vihar vonúlt el Marly fölött; a mint a szolga az első dörgést hallotta, a póznához szaladt, s ebből a legnagyobb meglepetésére másfél

hüvelykes szikrákat húzott ki: a szikrák erősen pattogtak és kénzagúak valának. Coiffier összecsődítette a szomszédokat s elhívatta a község lelkészét; a helység lakosai, kik azt hitték, hogy Coiffiert a villám sújtotta, a szakadó zápor daczára lelkészük után siettek, azonban meglepetésük a legmagasabb fokra hágott, midőn Coiffiert épségben találták s a rúdból a lelkész is húzott ki szikrákat.

Nyolcz nap mulva Delor a Dalibard kísérletét Párisban a király jelenlétében ismételte. Nollet szerint eme kísérletek a legnagyobb föltűnést keltették; az érdeklődés egész enthuziasmussá fokozódott. Úgy látszott, mintha az ember az ég villámait már hatalmába kerítette volna, s hogy ezentúl evvel a természeti erővel is tetszése szerint fog rendelkezhetni.

Az általános érdeklődés érthetővé teszi, hogy Nollet abbé nem szívesen látta, hogy a kísérletek dicsősége egy idegent illessen, oly idegent, ki "arra a földre van vetve, hol inkább a kereskedés-

sel, mint a tudományokkal foglalkoznak." Azonban Dalibard és Delor még sem tettek egyebet, mint hogy a Franklin tervét hajtották végre. Hogy kísérleteik a tulajdonképeni feltalálóét egy hóval megelőzték, ez a dolog érdemén mit sem változtat.

A kísérletek sikere arról győzte meg Franklin-t, hogy a villám káros hatásai az épületekre tett és a földdel vezető összeköttetésbe hozott vasrudakkal elháríthatók volnának. A villámhárító be rendezését és hatását 1753. szeptember havában kelt 13-ik levelében írta le. Helyén lesz, ha már itt megjegyezzük, hogy maga a feltaláló Franklin sem tulajdonított a hárító működésének abszolút biztosságot, s nem állította, hogy e készülék a villám lecsapásait minden esetben elhárítaná; de megjegyezte, hogy lecsapás esetében az elektromosság elvezetésére és a további explóziók megakadályozására szolgál.

Az amerikaiak a találmányt csakhamar hasznukra fordították. De az új készülék Európában is

magára vonta a közfigyelmet; a villámhárító hatásainak kipuhatolása végett mindenütt kísérletek tétettek. Franciaországban Romas de Nérac, Mazéas, Delor és Lemonnier, Angolországban Canton, Bevis és Wilson, Olaszországban Beccaria, Németországban pedig Winkler és Wilke foglalkoztak az elektromosság tanának avval az ágával, mely Franklin-nak köszönhetette keletkezését, tudniillik a légköri elektromossággal.

A Franklin villámhárítójának - de nem a villámhárítónak egyáltalában - ellensége támadt: ez a már többször említett Wilson volt. Ez a fizikus abban a nézetben volt, hogy a Franklin hegyes rúdjai, a helyett hogy a villámot elhárítanák, ezt tulajdonképpen magukhoz csalogatják, már pedig nagyon kényes dolog az olyan veszélyes ellenséget még meg is invitálni. Ez oknál fogva a csúcsos végek helyett fémgömböket ajánlott s e hárítókat defenzíveknek, ellenben a Franklin-éit offenzíveknek nevezte.

Franklin, mivel a Wilson ajánlata nézeteivel homlokegyenest ellenkezett, kénytelen volt találmányának berendezését és hatását behatóan értelmezni. Szerinte a hárítónak nemcsak az a célja, hogy az esetleg beütő villámot elvezesse, hanem inkább az a fontos rendeltetése van, hogy a felhők elektromosságának fölszívása által a beütést egyáltalában megakadályozza.

Franklin továbbá azt állította, hogy a beütést megelőzőleg a villámos felhőből egyes részek kiválnak s a földhöz közelednek, minélfogva a felhő lépcsős formát vesz föl. Ez állítását kísérletileg is igazolta; könnyű és laza gyapotgombolyagokat egymáshoz kötött s az egyik gombolyagot vékony fonállal vezető fémlaphoz kötötte; a mint a fémlap elektromossá lett, a gombolyagok egymásután hozzája futottak.

Franklin nézeteit a leghathatósabban a turini Beccaria védelmezte, a ki nemcsak egy, hanem a megvédelmezendő épület nagyságával arányosan több csúcsot ajánlott. Mivel olyan esetek is elő-



fordultak, hogy a villám puskaportornyokba csapott, a Royal Society az angol tüzérség törzstiszteinek megkeresésére bizottságot küldött ki, mely a villámhárító kérdését eldöntendő vala. A bizottság négy tagja, Franklin, Cavendish, Watson és Robertson hegyes végű, ellenben az ötödik tag, Wilson golyós végű hárítók mellett nyilatkozott; Wilson külön értekezésben fejtegette a golyós hárító előnyeit.

A vita már majdnem megszűnt, midőn 1777. máj. 15-én a villám a Franklin-féle hárítóval ellátott pourfleet-i puskaportornyot fölrobbantotta. Wilson most még inkább ragaszkodott kedvelt eszméjéhez, s azon volt, hogy a tompa hárítók czélszerűségét direkt kísérletekkel kimutassa; sőt III. György királyt rábírta, hogy a St. James palotáról a hegyes hárítókat leszedesse s tompákkal helyettesítesse. Mondják, hogy a király e lépésre leginkább a Franklin iránti politikai ellenszenvből határozta el magát.

Wilson ellenvetéseit Nairne londoni híres mechanikus alaposan megcáfolta. Nairne kimutatta, hogy a pourfleet-i torony nem robbant volna föl, ha egy hegyes villámhárító helyett többet alkalmaztak volna. Evvel a vita újra föléledt, még pedig most már a kontinensen is, míg végre a Royal Society által kiküldött második bizottság, mely a hegyes hárítók javára ítélt, a vitának végét vetett.

VIII. Franklinnak az elektromosságra vonatkozó egyéb vizsgálatai.

A szép találmányok, melyeknek történetét az imént vázoltuk, Franklin-nak legnagyobb, de nem egyedüli érdemei. Találmányai nem voltak szerencsés ötletek szülöttei, hanem gondos és kitartó vizsgálatok eredményei. Még sokat szólhatnánk Franklin egyéb vizsgálatairól, ha ezeknek a kortársakra gyakorolt buzdító hatásán kívül egyéb jelentőséget is tulajdoníthatnánk. Ezt azonban nem tehetjük, mert kísérleteinek jelentékeny része az elektromosság tanát - legalább

közvetetlenül - nem fejlesztette s jelenleg már csak történelmi érdekekkel bír. Egyik kísérletével mégis kivételt fogunk tenni, s már csak azért is le fogjuk írni, mivel azt, persze egészen más alakban, jelenleg is végrehajtjuk, ha azt akarjuk kimutatni, hogy az elektromosság csak a testek fölületén székel.

Franklin abban a nézetben volt, hogy az elektromosság a testek körül bizonyos gőzkört képez, mely a testektől bizonyos távolságra van ugyan, de azoktól el nem választható. Ő maga is átlátta, hogy ez a hipotézis kissé erőltetett, de azért mégis számos kísérletet hajtott végre, hogy ama gőzkör sajátosságait kipuhatólja. A kísérletet, melyről szólni akarunk, abból a célból hajtott végre, hogy kimutassa, hogy ugyanazt a testet a fölületén több vagy kevesebb elektromos fluidum övezheti körül.

A szoba padlójára tiszta boros poharat, s erre egy hosszú lánczczal megtöltött kis ezüst fazekat tett. A láncz egyik végére selyem zsinórt kötött, a

melyet a plafondon megerősített csigára vetett, úgy, hogy e zsinór segítségével a lánczot az edényből tetszése szerint kihúzhatta vagy ismét beleereszthette. A csiga mellett még egy finom selyem fonál is függött; e fonál alsó végére kötött könnyű gyapotgombolyag az ezüst edény oldalát épen érintette. Franklin egy megtöltött leydeni palaczk segítségével az ezüst edényt megelektromozta, mire az edény a gyapotot tíz hüvelyknyire földre lökte s a palaczkból több szikrát ki nem húzott. A mint azonban Franklin a lánczot az edényből lassan kihúzta, a gyapot mindinkább közeledett az edényhez, mely már most képes volt a palaczkból új elektromosságot fölvenni. De midőn a lánczot visszaeresztette, a gyapot ismét távolodott, s mire a láncz az edényt ismét megtöltötte, a gyapot az első távolságig hajtatott.

Ez a kísérlet nyilván azt mutatja, hogy az elektromosság csak a testek fölületén székel s Franklin elmékedése is csak ezt bizonyítja, mert szerinte az elektromos gőzkör a lánczot követte, tehát nagyobb kiterjedésűvé lett, minélfogva az

ezüst edényt körülövező elektromos fluidum megkevesbült, tehát a gyapot eltaszításában nyilvánuló hatása is kisebb lett.

Jelenleg többféle készülékkel és pedig kényelmesebben mutathatjuk ki az elektromosság elosztását a testek fölületén; azonban emlékezzünk meg róla, hogy az e nembeli első kísérletet Franklin-nak köszönhetjük.

IX. Franklin politikai pályafutása. - Jelleme. - Halála.

Franklin legfontosabb találmányai és vizsgálatai 1746 és 1753 közé esnek. Ez időn túl, bár a fizika művelését egészen nem hanyagolta el, politikai tevékenysége mindinkább igénybe vette idejét, míg végre a fizikusból egészen államférfiú lett.

A tudósnak szellemi művei életének legkiválóbb eseményei. Ha Franklin-t csak mint fizikust tekintjük, akkor mondhatjuk, hogy biográfiáját már befejeztük. De mivel a biografustól elvárják, hogy személyeink életfolyását mind végig kísér-

je, nem mulaszthatjuk el, hogy Franklin életéből a legfontosabb mozzanatokot kiemeljük.

Ez a föladatunk nagyon nehéz volna, ha Franklin politikai tevékenységét a történelmi események lánczolatába fűzni, s annak hatásait és eredményeit kellőleg megvilágítani akarnók: a világ-történelem egyik fejezetét kellene megírunk. Azonban bevalljuk - bár evvel a kritika szigorát provokáljuk - hogy feladatunk sokkal könnyebb, mert csak a fizikust akarván megismertetni, a politikai fejtegetésektől távol maradhatunk.

Franklin 1747-ben a pennsylvániai gyarmatgyűlés tagjává választatott, 1753-ban pedig valamennyi amerikai angol gyarmat főpostamesterévé neveztetett ki. Azonban a kormány bizalma a szülőföldje érdekeit mindenek fölött becsülő férfiú politikai nézeteit meg nem ingatta, s mindinkább megérlelődött benne a szövetség-alkotmánynak és az északamerikai összes kolóniák középponti kormányának eszméje.

1754-ben, midőn a kormány a kolóniákat a francziák ellen segítségre hívta, Franklin a tervvel nyíltan föllépett, de az angol kormány azt, mint nagyon demokratikusát, elvetette.

A francziák Canada felől fenyegették a kolóniákat; Braddock angol tábornok ellenök küldetett; Franklin ezt az expedíciót pénzével támogatta. Az expedíció nem sikerült; a canadai határon levő francia erősségek sértetlenek maradtak. Franklin erre keresztül vitt egy billt, melynek alapján önkénytesekből milícia szerveztetett, maga pedig az északi határra küldetett, hogy ezt az indiánok ellen megvédje s erősségeket építsen. De alig hogy katonai pályafutását megkezdé, a gyarmat-gyűlésben heves vita tört ki a földbirtokosok és nép között, minélfogva Franklin visszahívatott. A nép a birtokosok megadóztatását kívánta s az angol királyhoz titokban kérvényt írt s ennek átadásával Franklin-t bízta meg.

Franklin 1757-ben Angolországba utazott. Te-kintélyével sikerült odahatnia, hogy a kérvény

kedvezően intéztetett el; minélfogva 1762-ben visszatért Amerikába. A pennsylvániai tartomány-gyűlés a visszatérő Franklin-t a legnagyobb kitüntetéssel fogadta s 5000 font sterlinggel jutalmazta meg.

Franklin ezután a canadai kérdésről egy külön iratot tett közzé, melyből a kolóniák új bátorságot merítettek. Wolfe tábornok 1759-ben a miliczia és a seregek egyesült erejével a francziák hatalmát teljesen megtörte; 1760-ban Quebec is kapitulált s a francziák egész Canadából kiűzetek. Franklin a francziák ellen ekkor még az angolok érdekében működött; midőn később az angolok ellen a francziák segítségét kérte, ezek a legnagyobb készséggel siettek az unió segítségére.

Angolország sikereit a kolóniák áldozatkészségének köszönhette, de ezért hálásnak éppen nem mutatta magát. A kolóniákra rótt méltánytalan terhek közül a bélyegadó rendkívüli elkeseredést szült. Franklin a gyarmat-gyűlésen ama törvény-



telen adónak nyíltan ellenszegült, s Pennsylvánia, Maryland, Massachusetts s más kolóniák megbízásából, mint ezek ügynöke, ismét Angolországba ment, hogy hazája jogait védelmezze.

Franklin-ból jogtudós lett. Nyilvános gyűlésekben és hírlapokban bátran és észszerűen védelmezte hazájának önmegadóztatási jogát, melyet a körülmények természetével, az angol alattvalók alkotmányos jogaival s a kolóniáknak a királyoktól kapott szabadalmaival indokolt. Nem csoda tehát, ha az oxfordi egyetem 1762-ben őt jogtudorrá avatta. Azonban Franklin nyílt és bátor föllépése az angol parlamentnek sehogy sem tetszett, s mindamellett, hogy Franklin az anyaországtól való elszakadásra még nem gondolt, állásától elmozdított; s minthogy már személyes szabadságát sem látta elegendő biztosságban, visszatért Amerikába.

A nép Franklin-t örömmel fogadta s a kongresszus tagjává és a jóléti bizottság elnökévé választotta. Franklin angolországi utolsó tartóz-

kodása alatt meggyőződött, hogy az anyaországgal való kibékülés és méltányos egyezkedés a lehetetlenségek közé tartozik. Az északamerikai államok szövetségének eszméjét újra hangoztatta s ezzel a teljes függetlenséget hirdette. 1776 július 4-én az ő, Jefferson és Adams ajánlatára a függetlenségi nyilatkozat közzététele elhatározott.

De a függetlenség kivívása nemcsak vérbe, hanem pénzbe is kerül. Franklin, hogy a megkívánt segédeszközök megszerezhetők legyenek, a kongresszusnak papírpénz kibocsátását ajánlotta; a bank-alapba saját vagyonából 4000 fontot adományozott. A függetlenség kinyilvánításának pillanatától a milícia szervezésében fáradhatatlanul működött, s 1776-ban arra vállalkozott, hogy Franciaországot formális szövetség kötésére nyerve meg: Deane és Lee kíséretében Franciaországba vitorlázott. Terve sikerült, s mint a tizenhárom egyesült állam teljhatalmú minisztere Franciaországgal a szövetséget megkötötte. Személyes föllépéseiben, hírlapi cikkeiben s egyéb irataiban Amerika ügyét az emberiség sza-

badságának és a civilizációnak ügyeként tün-  
tette föl s a már szintén forrongó francia közvé-  
leményt teljesen megnyerte.

Küldetésének fontos következményeit az  
Egyesült Államok függetlenségének története  
hangosan hirdeti. Legyen elég, ha itt az ered-  
ményt említjük: 1783. szeptember 3-án a hazájá-  
ra nézve dicső békét az angol megbízottakkal Pá-  
risban aláírta. A nagy cél el volt érve; Franklin  
fölszabadított hazájába nyugodtan térhetett visz-  
sza. E tengeri úton tette utolsó fizikai észleleteit.

Ágyúdörgés, harangzúgás és a fölszabadított  
nép örömrivalgása fogadták az ősz államférfiút;  
híres barátja, Washington, a pennsylvániai kong-  
resszus, a katonaság, egyesületek és tudományos  
testületek küldék eléje üdvözleteiket. Azonban a  
megérdemlett nyugalomtól megfosztá őt polgár-  
társai határ-

talán szeretete és bizalma. Pennsylvánia kormányzójává egyhangúlag háromszor választatott meg.

Testi bajai folytonosan súlyosodván, 1788-ban a nyilvánosságtól teljesen visszavonult.

Franklin 1790 ápr. 17-én unokái körében halt meg.

Franklin, a nagy emberekben oly gazdag XVIII-ik századnak legkiválóbb emberei közé tartozik. Élete fényes példája annak, hogy miként lehet aránylag kevés eszközzel a körülmények ügyes felhasználása mellett a legszebb eredményeket elérni. Mint író, államférfiú, diplomata és szabadsághős, vagy pedig mint a becsületes munkát tisztelő iparos az új állam polgárainak egyaránt mintaképe volt. A társadalmi nyilvános életnek nem volt olyan ága, mely Franklin-nak valamit nem köszönhetett volna. A nyilvános könyvtárak és iskolák, az amerikai filozófiai társaság, a jól rendezett posta, a filadelfiai egyetem, a könyvnyomtatók, az új rendőri szervezet, a tűz-

károk elleni biztosító társaságok és a rendszeresített miliczia, mint szervező talentumának nemes termékei, egyaránt hirdetik dicsőségét. A humanitás érdekeit kórházakkal, a rabszolgaság eltörlését és az indiánok helyzetének javítását sürgető iratokkal mozdította elő; a villámhárító feltalálásával az egész emberiség háláját vívta ki. A nép erkölceit számos népies irattal finomította; irataival és tetteivel egyaránt megmutatta, hogy miképpen kell a polgárnak a saját és polgártársai jólétét előmozdítania. Népnevelő volt, a szó legnemesebb értelmében. Nemzetgazdasági értekezései ép oly kiválóak mint diplomáciai alkudozásairól vezetett híres naplója.

Franklin halálának napja az egész művelt világ gyásznapja volt. Amerika minden városában gyászünnepeket rendeztek; a kongresszus az új állam legkitünőbb polgárának tiszteletére egy havi nemzeti gyászt rendelt el. A francia nemzetgyűlés Mirabeau indítványára három napig gyászolt s az Egyesült Államok kongresszusának a francia nemzet nevében részvétét fejezte ki.

Számos jótékony és közmivelődési intézet és iparvállalat még jelenleg is, úgy a bel- mint a külföldön, Franklin nevével ékesíti magát. Érdekeit röviden, de találóan dicsőíti d'Alembert híres epigrammája:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis.

## COULOMB

I. Coulomb élete a francia forradalom kitöréséig.

A tizennyolcadik század vége felé az elektromosság tana, a mennyiben az úgynevezett dörzsszerű (statikai) elektromosságra terjedt ki, olyan két művelőre talált, kik elődeik munkálatait méltóan tetőzték be.

Eme fizikusok egyike Coulomb, ki vizsgálataival a statikai elektromosság alapelveit szilárd alpra fektette, a másika pedig Volta, kinek elég a nevét hallani, hogy a fizikának egy új korszaka jusson eszünkbe.

Charles Augustin de Coulomb 1736-ban Angoulême-ben született. Ősei a községtanács tagjai és városi tisztviselők valának.

Tanulmányait Párisban bevégezvén, már nagyon fiatal korában a műszaki csapatokba lépett. Először Martinique szigetén kapott alkalmazást,

hol is a Bourbon-erődöt tervezte és építette. Kitűnő tehetségeinek és megnyerő modorának köszönhető, hogy igen gyorsan előléptették, s mivel az általa betöltött állomásra nálánál alkalmasabb egyént nem találtak, még három évig kellett Martinique-ben maradnia, pedig az ottani éghajlat egészségére nagyon kedvezőtlen befolyással volt; tisztársai majdnem mindannyian odavesztek. Midőn Franciaországba visszatért, várta, hogy kitartásáért méltó jutalomban fog részesülni, azonban időközben miniszterváltozás történt, az új emberekkel betöltött hivatalok a Coulomb érdemeivel nem sokat törődtek.

Ez időtől fogva majdnem kizárólag tudományos dolgokkal foglalkozott. Első értekezése, melyet a boltozatok statikájáról írt s 1776-ban az akadémia elé terjesztett, nevét a tudományos körökben csakhamar ismeretessé tette s ez által alkalma volt, hogy párisi rövid tartózkodása alatt több tudóssal megismerkedjék. 1777-ben a mágnesűk készítés-módja fölött végrehajtott vizsgálataiért az akadémiától már díjat is nyert.



1779-ben Rochefortba küldetett. Itt írta a *Théorie des machines simples* című művét. Az akadémia pályadíjat tűzött ki a legjobb műre, mely különös tekintettel a súrlódásra és a kötelek merevségére, az egyszerű gépek elméletét tárgyalná. Coulomb hozzáfogott a kérdés megfejtéséhez s elméleti vizsgálatait kísérletekkel kapcsolta össze; Touche-Tréville, Rochefort parancsnoka, mindent elkövetett, hogy a nagyban végrehajtandó kísérletekhez a megkívántató eszközök Coulomb rendelkezésére álljanak. Fáradságát szép eredmény koronázta: nevezett művével az akadémia kettős díját nyerte el.

Coulomb Rochefortból, műszaki munkálatok vezetésére, Cherbourgba küldetett; két évvel később az akadémia tagjává egyhangúlag megválasztott.

Coulomb-nak nyílt jelleme és becsületessége miatt nem sokára nagyon durva méltatlanságokat kellett eltűrnie s a kormánykörökben uralkodó korrupciónak majdnem áldozatává lett.

A bretagne-i tartományban hajózási csatornákat terveztek s Coulomb mint királyi biztos megbízott, hogy a csatornák terveit megbírálja. Coulomb a helyszínére utazván, azonnal fölismerete, hogy a csatornák tervei a magánérdekek szüleményei és hogy a várt előnyök a kivitel költségeivel semmiféle arányban sem állanak. Coulomb nézeteit egy hatalmas párt támogatta, minélfogva azok diadalt arattak s a csatornák építése elmaradt. Evvel Coulomb az államnak igen jó szolgálatot tett s bizonyára jutalmat érdemelt volna, de a kiknek a csatornaépítés érdekükben feküdt, másképen gondolkodtak. Így esett meg, hogy Coulomb az alatt az ürügy alatt, hogy a tervek megbírálására és a véleményezésre a hadügyminiszternek, mint közvetetlen főnökének engedélyét ki nem kérte, börtönbe vettetett.

Midőn a fogságból kiszabadúlt, benyújtotta lemondását, mely azonban el nem fogadtatott, sőt ellenkezőleg, újra Bretagne-ba küldötték, hogy ott a terveket újból tanulmányozza. De Coulombot a méltatlan bánásmód, melyet az imént kiál-

lott, a legkevésebbé sem puhította meg s most is régi véleményét nyilvánította. A hatóságoknak végtére is engedniök kellett; hibájukat belátva, Coulomb-ot fényes ajánlatokkal akarták kien-gesztelni, de ő ezeket visszautasította. Mindössze is csak egy ajándékot, egy másodperczeket muta-tó kitűnő zsebórát fogadott el, mely ajándéknak a későbbi kísérleteinél igen jó hasznát vette.

1784-ben Coulomb a franciaországi vízmű-vek intendánsává, 1786-ban pedig a térképek őrévé (conservateur des plans et des reliefs) ne-veztetett ki. Az akadémia egy bizottságot küldött Angolországba, hogy ott a kórházügyet tanulmá-nyozza; a bizottság egyik tagja Coulomb volt.

A forradalom kitörése idejében Coulomb ezre-desi rangjáról s hivatalairól lemondott, minek kö-vetkeztében jövedelmei tetemesen leapadtak. Blois-i magányában csakis gyermekei nevelésé-vel és tudományos vizsgálatokkal foglalkozott. Mielőtt ez utóbbiak ismertetésére áttérnénk, he-

lyén lesz, hogy az elektromosság tanának Franklin óta kivívott eredményeit ismertessük.

II. Az elektrométerek. - Az elektromos sorok. - A megosztás elmélete. - Symmer elmélete.

Az elektromos tüneteményekre vonatkozó vizsgálatok Franklin korszaka óta sok jelentős ténynyel gazdagították a fizikát, bár az eredmények nem állanak arányban avval a rendkívüli mértékben megindúlt tudományos mozgalommal, melynek feladata az lett volna, hogy az elektromosság tanát úgy kísérleti, mint elméleti irányban fejleszsze.

Sok fizikus volt abban a hiszemben, hogy az elektromosság tanát valamely fontos ténynyel gazdagította, azonban az igazi haladást fölmutató bűvárok száma csekély. Az utóbbiak között a már említett John Canton (szül. 1718. Stroud-ban Gloucestershire-ben, megh. 1772. Londonban) kiváló helyet foglal el. Canton 1751-ben a Phil. Transactions-ban értekezést tett közzé arról, hogy miként lehet az aczélt egyedül a földmág-

nességgel megmágnesezni; neki köszönhetjük az első kísérleteket, melyek a víznek s egyéb folyadékoknak összenyomhatóságát bizonyították be; ugyancsak ő találta föl a róla elnevezett foszfort, azaz a kénkalciumot.

Az elektromosság körül szerzett érdemei közül először is az elektrométerét említjük; ez volt az első készülék, melylyel az elektromosság intenzitását valóban meg lehetett mérni. Canton finom fonalakra bodzabél vagy parafagolyócskákat függesztett föl. Midőn ezeket megelektromozta, a golyók szétváltak; az intenzitás mérésére a két fonál képezte szög szolgált.

Különben az ilyes elektrométer eszméje nem volt új. Úgy látszik, hogy Gray volt az első, ki az elektromosság intenzitását valamely vezetőre függesztett fonál segítségével mérhetőnek vélte; Dufay ezt a módszert 1733 óta tényleg használta. Nollet két fonalat függesztett föl; a fonalak képezte szöget a fonalak árnyékán mérte; Waitz

már a fonalak végére súlyokat kötött; Ellicot és Gralath a vonzást mérleggel akarták mérni.

Canton elektrométere után ehhez hasonló számos eszközt készítettek. A Henley, Bennet, Lane, Ludolf, Achard stb. által szerkesztett elektrométerek lényegükben véve a Cantonéval megegyeztek s berendezésük elve miatt a Cantonéval együtt nem annyira elektrométerek, mint inkább elektroskópok valának.

Az elektrométer, mint mérő eszköz, igen hasznos volt ugyan, de új elvet nem hozott a fizikába. Épen ezért sokkal jelentősebbeknek kell elismerünk Canton-nak a kétféle elektromosságra vonatkozó vizsgálatait.

Dufay s vele együtt a fizikusok legnagyobb része abban a nézetben volt, hogy az egyikféle elektromosságot csak bizonyos testek vehetik föl, azaz, hogy az elektromosság minősége a test anyagi minőségétől függ, minélfogva például az üveg sohasem vehetett volna föl gyanta-elektromosságot. A Franklin-féle elmélet hívei, kik csak

egyféle elektromos fluidumot fogadtak el, vagyis az unitáriusok, Dufay észleleteit a maguk nyelvére fordították s azt mondták, hogy valamely test kap-e vagy pedig veszít-e elektromosságot, az az illető test anyagi minőségétől függ.

Canton ezt a téves nézetet alaposan megczáfolta. 1753. decz. havában végrehajtott kísérleteivel megmutatta, hogy a flannellel dörzsölt üveg elektromossága negatív, ha az üveg fölülete homályos; ellenben pozitív, ha az üveg ugyancsak flannellel dörzsöltetik, de a fölülete sima. Továbbá kimutatta, hogy ugyanaz az üveg a dörzsölőszer minőségéhez képest pozitív vagy negatív elektromossá válhatik. A későbbi fizikusok Canton eredményeit igazolták és tetemesen kibővítették; így keletkeztek az elektromos sorok, azaz a különböző testek olyan sorozata, melyben bármely test az előtte levőkkel dörzsölve negatív, az utána következőkkel dörzsölve pedig pozitív elektromossá lesz. Az első elektromos sort Wilke állította föl a *Dissertatio de electricitatibus contrariis*, 1757. című iratában.

Az elektromos sorok feltalálása e korszak elvi fontosságú eredményeinek csak az egyike volt. A második eredmény, mely szintén Canton kísérletei alapján fejlődött, a megosztási elektromosság feltalálása volt.

Canton legfontosabb kísérlete a következő volt. Egy pár parafa golyót czérnaszálakra s egy másik párt selyemfonalakra függesztett föl s a megelektromozott üvegcsövet a golyóktól meglehetősen nagy távolságba tette. Ekkor azt vette észre, hogy a czérnán függő golyók divergálnak, de a cső eltávolítása után ismét összeesnek. Ellenben a selyemszálakon függő golyók csak akkor divergáltak, ha a csövet közelebb vitte, azonban a cső eltávolítása után is bizonyos ideig szétválva maradtak.

A föltünésről, melyet ez a kísérlet keltett, fogalmat nyújtanak Priestley következő szavai: "A Canton eredeti kísérletei a különböző körülmények között levő elektromos testek vonzásában és taszításában oly változatosságot mutatnak,



hogy valamely varázserő hatásaihoz hasonlítanak, és ha csak valami kevés mesterséggel hajtatnak végre, akkor valamennyi kísérlet között (melyek fény- és hangtűnemények által nem kísérvék) egyet sem tudok, mely ilyes ámításra alkalmasabb volna. Ha azonban ama kísérleteket figyelmesen szemléljük, akkor valamennyi elektromos testnek egy nevezetes sajátágáról tanúskodnak melyet kellőleg nem értettek meg, míg végre Wilke és Aepinus urak azt teljes világosságba helyezték."

Franklin elmélete nem volt képes a Canton kísérleteiről számot adni. Maga Canton úgy vélekedett, hogy a divergálás egyedül az üveget körülövező elektromos atmoszférának tulajdonítandó: a golyók az atmoszféra egy részét fölveszik ezután eltaszítják egymást; a cső eltávolítása után a golyók az atmoszférából többé mit sem vehetnek föl, minélfogva a czérnaszálakon függő golyók, mivel a czérna elektromosságukat elvezeti, összeesnek, ellenben a szigetelő selyemszálakon

függő golyók a fölvelt elektromosságot egy ideig még megtartják.

Ez a magyarázat mindaddig tartotta magát, míg Wilke és Aepinus a dolog lényegét föl nem ismerték.

Wilke 1732-ben Wismer-ben született; tanulmányait Göttingában és Rostockban végezte. Berlinben egyideig Aepinus-szal közösen dolgozott. Stockholmban letelepedvén, mint a fizika tanára s az ottani akadémia tagja 30 éven át működött; meghalt ugyanott 1796-ban. Wilke vizsgálatai a fizika többi ágára is kiterjedtek; különösen híresek a fajhőre vonatkozók.

Aepinus 1724-ben Rostockban született, hol is mint magántanár működött; később Berlinben tanított, végre Szentpétervárott a fizika tanárává lett s számos fontos hivatalt viselt. Aepinus 1802-ben Dorpatban halt meg.

Wilke kimutatta, hogy a szigetelt könnyű testek az elektromos testekhez közelednek ugyan, de az utóbbiak eltávolítása után semmi elektro-

mosság sem marad bennük. Ellenben ha a szigetelt testhez, addig, míg az elektromos test közelében van, egy másik könnyű testet közelítünk, ezt épen úgy vonzza, mintha maga is elektromos volna. Ha továbbá a szigetelt testhez, ismét míg az elektromos test közelében van, tűt közelítünk, akkor az elektromos test eltávolítása után a szigetelt testben az elektromos testével ellentett elektromosság marad.

Eme kísérletek által a megosztási elektromosság föl volt találva; azonban Wilke mindössze is csak azt következtette, hogy az elektromos atmoszférában levő testek az elektromos testével ellenkező elektromosságot vesznek föl.

Aepinus a Wilke kísérleteit többféle változatban ismételvén, ugyanerre a meggyőződésre jutott. Később elvetették az elektromos atmoszféra hipotézisét; e helyett föltették, hogy az elektromosság hatásai bizonyos körön, az elektromos hatáskörön túl nem terjednek. Ők voltak az elsők, a kik - támaszkodva kísérleti eredményeikre

- a leydeni palaczk megtöltését a megosztás elvével magyarázták. Ha ez a magyarázat helyes, akkor a sűrítő palaczkot vagy a sűrítő táblát akkor is meg lehet tölteni, ha a fegyverzetek között csak levegőréteg van. Aepinus és Wilke megtették a próbát, s valóban, a levegőtáblának megtöltése épen oly jól sikerült, mint az üvegtábláé. Ezzel egyszersmind megczáfolták Franklin-nak azt a nézetét, mely szerint a sűrített elektromosság mennyisége az üveg anyagi szerkezetétől függ.

Végre még Franklin elektromos elméletének bukásáról akarunk szólni. Dufay és a többi dualista szerint az üveg- és a gyantaelektromosság minőségileg különböznek, Franklin szerint a különbség csak az egyféle elektromosság különböző mennyiségében rejlik. Canton, Wilke és Aepinus kísérletei már nagyon megingatták Franklin elméletét, azonban a döntő csapást Symmer mérte.

Symmer-ről csak annyit tudunk, hogy a Royal Society tagja volt, s hogy egyszerre két pár se-

lyemharisnyát viselt, egy pár fehérret s egy pár feketét.

E harisnyáknak az elektromosság történetében nevezetes szerepök jutott. Symmer ugyanis azt tapasztalta, hogy a fehér és fekete harisnyák, ha egymásután veti le őket, ellentett elektromosságot vesznek föl, de semmi elektromosságot sem mutatnak, ha egyszerre veti le. Az ellentett elektromosságokat eleintén a harisnyák színének tulajdonította, azonban Nollet kimutatta, hogy a különbség oka a harisnyák anyagi minőségében, nevezetesen a fekete festő anyagban rejlik, minek következtében Symmer azt az elvet állította föl, hogy két, minőségileg különböző elektromos fluidum van, tehát tulajdonképpen nem tett egyebet, mint hogy fölfrissíté Dufay elméletét. S a mi Dufay-nak nem sikerült, az Symmer-nek még a Franklin tekintélyével szemben is teljesen sikerült. A fizikusok túlnyomó része elfogadta a dualisták nézetét, mely mint hipotézis még ma is forgalomban van. Voltak ugyan még egyesek, mint például az angol Cavallo és az olasz Cigna,

kik a Franklin elméletéhez állhatatosan ragaszkodtak; a híres Priestley a History and present state of electricity, Lond. 1767. című művében, melyet többszörösen fölhasználtunk, határozott pártállást nem foglalt.

Symmer elméletének elterjedését nagy mértékben előmozdították a Lichtenberg által feltalált elektromos poralakok, melyek akkoriban úgy tekintettek, mint az elektromosság minőleges különbségeinek nyilvánvaló bizonyosságai. Evvel az unitárusok és a dualisták közötti harcz, az utóbbiak győzelmével véget ért.

### III. Coulomb vizsgálatai.

Midőn Coulomb föllépett, az elektromos tünetmények legfontosabb része már ismeretes vala, sőt a mint láttuk, az elméletük is, a mennyiben ez az elektromosság qualitív hatásaira vonatkozik, ki volt fejtve.

Gray feltalálta az elektromosság vezetését, Du-fay a kétféle nemét, Franklin a leydeni palaczk elméletét és a légköri elektromosságot, Canton

az elektromos sorokat, Wilke és Aepinus az elektromos megosztást. Csak egy hiányzott még, s ez az elektromosság matematikai elmélete volt.

Igaz ugyan, hogy Aepinus és Cavendish megpróbálták, hogy a kísérleti tények sokféleségét matematikailag egybefűzzék, de törekvéseik hajótörést szenvedtek, hiányában oly eszköznek, mely számbeli törvények levezetésére alkalmas lett volna. Az akkori elektrométerek ezt a nevet alig érdemelték meg, s legfeljebb arra szolgálhattak, hogy az elektromos erők intenzitását összehasonlítani s bizonyos tágas határok között fölbecsülni lehessen. Mégis föl kell említenünk, hogy Bénédict de Saussure, a genfi híres fizikus, a légköri elektromosságra vonatkozó kísérleteit megkönnyítendő, egy sajátos elektrométert szerkesztett, melynél a legnevezetesebb az, hogy a bodzabélgolyókkal ellátott finom fémdrótok divergálását tapasztalatilag megállapított skálával mérte. Eljárása ez volt: Egymáshoz teljesen hasonló két elektrométert szerkesztett; miután az

első elektrométert megelektromozta s a drótok képezte szöget megmérte, összekötötte a másoddikkal, minélfogva ez utóbbi az első elektromosságának felét átvette, ezután az elektromosság felét ismét az elsővel közölte s ezt az eljárást mindaddig folytatta, míg a fonalak divergálása észrevehető volt. A fonalak képezte szöget mindegyik esetben följegyezvén, tapasztalati törvényt állított föl, a melynek segítségével az erőket megközelítőleg meghatározhatta.

Saussure a törvényét tökéletlen eszközzel vezetvén le, annak nagyon is hibásnak kellett lennie. A föladat megfejtése Coulomb-ra várt.

Coulomb már mechanikai első vizsgálatainál megszokta, hogy a számítások eredményeit pontos kísérletekkel ellenőrizze. Legfontosabb kísérletei, melyek tárgyunkat is legközelebb érdeklik, a fémfonalak rugalmasságára vonatkoztak. Kísérleteinek alapelve abban állott, hogy meghatározta azt az erőt, melylyel az elcsavart fonalak eredeti állapotukba visszatérnek.



Coulomb azt tapasztalta, hogy az ellenállás az elcsavarás ellen annál nagyobb, minél nagyobb maga az elcsavarás, föltéve, hogy ez a rugalmasság határain belül történik. S minthogy az ellenállás a hosszú fonalaknál igen csekély, belátta, hogy azt csekély erők igen pontos mérésére föl lehet használni. E végből a fonál végére egy vízszintes hosszú tűt erősített; ha a nyugalomba jött tűt bizonyos szöggel elcsavarta, az az eredeti helyzetébe visszatérni törekedett, minélfogva a tű vízszintes lengéseket tett. A lengések észlelt idejéből számítás által meghatározta azt az erőt, mely a tűt elcsavarta. Ez volt a Coulomb torziós mérlegének elve és berendezése.

Kísérleteinek sorozatából kitűnt, hogy a csavaró vagy sodró erő arányos a szöggel, melylyel a fonál elcsavartatott, továbbá arányos még a fonál-keresztmetszet sugarának negyedik hatványával és fordított viszonyban van a fonál hosszúságával, végre, hogy az erő függ a fonál anyagi minőségétől.

A kapott eredményeket felhasználta az elektromos vonzó és taszító erők pontos mérésére. E célra a torziós mérleget a következőképen állította össze: Egy függélyes üveghenger tetejét közepén átlukasztott lappal befödte s e fedőlapba vízszintes mutatóval ellátott fémpálczát úgy illesztett, hogy a pálczának a hengerbe nyúló gámójára finom fémdrótot lehetett erősíteni. A pálcza mutatója egy beosztott kör fölött csúszott, tehát megmutatta, hogy a pálcza s evvel együtt a drót hány fokkal csavartatott el. A drót alsó végére vízszintes, könnyű sellakpálczát s e pálcza végére ismét egy bodzabélgolyócskát erősített.

Egy második bodzabélgolyócskát szigetelő pálczára úgy állított föl, hogy, midőn a drót nem volt elcsavarva, a két golyó érintkezett. Az első golyócska vízszintes forgási síkjában egy második beosztott kör volt.

A kísérlet elején a két golyó érintkezett. Midőn a másik golyót megelektromozta, ez az elektromosságának egy részét átadta az első golyónak s

ezt bizonyos számú fokra eltaszította. Az által, hogy a felső pálczát mutatóstul az ellenkező irányban forgatta, a két golyót bizonyos távolságokig egymáshoz közelíthette. Ekkor az elektromos taszító erő egyensúlyt tartott a csavaró erővel, mely erő arányos a drót összes elcsavarásával, tehát az alsó és felső csavarási szögek összegével.

Coulomb a golyók közötti távolságok és a csavaró erők közötti összefüggést keresván, arra a nevezetes eredményre jutott, hogy az elektromos vonzások és taszítások az égitestek attrakciójának törvényét követik, azaz fordított viszonyban vannak a távolság négyzetével. E törvénnyel az elektromosságot a távolság négyzetével fordított viszonyban ható erők csoportjába sorozta.

Néhány évvel Coulomb kísérletei után Cavendish hasonló eljárást alkalmazott, hogy egy ólomgolyó attrakcióját a Földével összehasonlítsa s ez által a Föld tömegét meghatározza.

Coulomb vizsgálatainak eredményei, melyeket legnagyobb részt a torziós mérleggel ért el, a mondott fő eredményen kívül még a következők.

Meghatározta az elszigetelt vezetőkről bizonyos idő alatt szétszóródó elektromosság mennyiségét s a következő törvényt találta: Ha az idő számtani arányban növekszik, az elszigetelt vezető elektromossága mértani arányban fogy. Ide vonatkozó kísérletei segítségével azt is meghatározhatta, hogy milyen szigetelőket kell alkalmaznunk, ha az elektromosságot a lehető legnagyobb mennyiségben akarjuk megtartani.

Kísérleti úton kimutatta, hogy az elektromosság a vezetőkben nem valami chemiai rokonság, hanem csupán csak a repulzív erők hatása miatt terjed.

Egészen önállóan s öntudatosan megmutatta, hogy az elektromosság a vezetőknek csak a fölületén terjed el, s ezt a kísérleti eredményt, a tapasztalás törvényére támaszkodva, számítás által is igazolta. Azonban a szigetelőkre nézve azt talál-

ta, hogy az elektromosság azok belsejébe is behatol.

A megosztásra vonatkozólag arra az eredményre jutott, hogy a megosztási elektromosság mennyisége, különben egyenlő körülmények között, egyenes arányban van a megosztó elektromosság mennyiségével.

Eme kísérleti és elméleti vizsgálatok alapján konstatálhatta, hogy az elektromosság a testek körül nem képez valami atmoszféra-félét, s az elektromos vonzások és taszítások egyedül az elektromosság távolságba ható erejének tulajdonítandók. Továbbá érvényt szerzett a dualistikus felfogásnak, mely szerint a testek közönséges állapotukban a kétféle elektromosságból egyenlő mennyiségeket tartalmaznak, s a két fluidum szétválasztása dörzsölés által történik.

Végre az eredmények arra képesítették, hogy megvizsgálhassa, mily módon terjed szét az elektromosság mennyiség tekintetében az elszigetelt vagy pedig más (elektromos testek közelé-

ben levő) vezetők fölületén. Coulomb észleletei voltak alapja amaz analízises híres vizsgálatoknak, melyekkel Poisson 1811 és 1824-ben az elektromosság eloszlódását a vezetők fölületén meghatározta. Igaz ugyan, hogy Poisson vizsgálatai az elektromosság mivoltára új fényt nem derítettek, azonban az e téren végrehajtandó további vizsgálatok útját törték, a mi ismét Coulomb eredményei nélkül nem lett volna lehetséges.

Coulomb-nak a mágnesség terén szerzett érde-  
mei nem kevésbbé jelentősek.

Mindenekelőtt kísérletileg kimutatta, hogy minden test alá van vetve a mágnesek hatásainak, s ez által megdöntötte a régi felfogást, mely szerint a mágneseknek csak a vasra vagy vas-tartalmú kövekre van hatásuk. Kísérleteit a következőképen rendezte be: Két erős aczélmágnes különnevű sarkait egymásfelé fordította s a két sark közé a megvizsgálandó tű- vagy henger-alakú testet egyszerű kokonszálra függeszté; a mágne-

sek sarkai a test végeitől 2-3 milliméternyire állottak. Az eredmény mindegyik esetben az volt, hogy a testek a mágnessarkok irányában helyezkedtek el. Coulomb az ily módon fölfüggesztett testek lengési idejéből a rájuk ható mágneses irányító erőket is meghatározta.

Coulomb a mágnesek vonzási és taszítási törvényeit is levezette. E célra a torziós mérlegben a fémdróton függő vízszintes sellakpálczát mágnesűvel helyettesíté, s megvizsgálta, hogy egy másik mágnesnek sarkai mily hatást gyakorolnak a tűre. Itt is ugyanazt a törvényt találta, mint az elektromosságnál; a vonzó vagy taszító erő egyenes arányban van a mágnesek intenzitásával s fordított viszonyban van a távolság négyzetével.

Biot a birtokába került kéziratok alapján fölemlíti, hogy Mayer Tóbiás, a híres csillagász, szintén levezette a mágneses vonzások törvényeit, de sokkal körülményesebb úton, mint Coulomb. Mayer a dolgozatát nem publikálta.

Coulomb az említetteken kívül még sok tény-nyel gyarapította a mágnesség tanát. Így például kimutatta, hogy az aczélt csak bizonyos határig lehet megmágnesezni, mely határon túl az intenzitása nem növekszik; továbbá kimutatta, hogy a Földnek a mágnesekre gyakorolt irányító ereje épen akkora az északi, mint a déli irányban; végre, hogy az egyenlő szerkezetű és hasonló alakú mágneseknél az irányító erők úgy viszonylanak egymáshoz, mint a megfelelő méretek köbei, föltéve, hogy mind a két mágnes a telítésig van megmágnesezve.

Coulomb-nak köszönhetjük azt a törvényt is, a mely szerint a mágnesség a rudakban és tűkben el van oszolva. A megvizsgálandó mágnest függélyesen fölállította s egy kokonszálra fölfüggesztett kicsiny mágnestűt a mágnes különböző pontjai közelében lengetett. Ekkor azt tapasztalta, hogy a mágneseknek a lengési számok négyzetével mért intenzitása végükön a legnagyobb s a középük felé gyorsan fogy, a középben a mág-



nességnek nyoma sincs. Az intenzitások változásának törvényeit rajzban is előtűntette.

Végre még csak azt akarjuk fölemlíteni, hogy Coulomb a mesterséges mágnesek készítésére kitűnő módszert, az úgynevezett kettős vonás módszerét találta föl. Ezt a módszert jelenleg is használjuk, ha a mágnesezésre nem elektromágneseket használunk. Coulomb különböző hosszúságú aczéллеmezeket mágnesezett meg, ezeket egymásra rakta és sárgarézgyűrűkkel összeszorította. Az így készített mágnesnyaláb intenzitása a rudakét nagy mértékben fölülmulta.

Mindezeket a szép eredményeket Coulomb azért hozhatta létre, mivel a pontos észleleteket matematikai spekulációval kellőképen összekapcsolni tudta. Ezen az úton haladva az elektromosság és a mágnesség elméletének alapját vetette. Az igazi matematikai szellem mindegyik elődjénél, ki az elektromosság tünetényeivel foglalkozott, hiányzott; Coulomb, mint spekuláló természetbúvár, még híres kortársát, Volta-t is

jóval fölülmúlta. Az elektromosság története is világosan kijelöli a fizika valódi módszerét; az elektromosság tana Coulomb föllépéséig kísérleti eredményekben igen gazdag volt ugyan, de nem volt senki, ki az egészet alapos elméleti rendszerre kidolgozta volna, minélfogva Coulomb föllépését az elektromosság történetében korszakalkotónak méltán nevezhetjük.

IV. Coulomb nézetei a mágnesség mibenlétéről. - Működése a forradalom után.

- Jelleme. - Halála.

Említettük, hogy Coulomb dualista volt. Az elektromosságra vonatkozó nézeteit a mágnességre is kiterjesztette. Szerinte a nem mágneses vasban vagy aczélban két ellentett mágneses fluidum van, melyek a mágnesezés alkalmával szétválasztatnak és az aczélban coërcitiv ereje által szétválasztva tartatnak. Minthogy Coulomb vizsgálataiban kitűnt, hogy a mágnesség a rudak végei felé van koncentrálnálva, Coulomb hipotéziséből az következne, hogy a közepén széttört

mágnes két darabjának mindegyikében csak egy egyféle fluidum van; ez azonban a tapasztalással teljesen ellenkezik, mert a hány darabra törünk valamely mágnest, ugyanannyi új mágnest kapunk. Coulomb ezt az ellenmondó tényt az által hozta hipotézisével összhangba, hogy föltette, miszerint minden mágnes elemi mágnesekből áll, a melyek egynevű sarkaikkal ugyanazon irány felé fordítvák s emez egynevű sarkok összhatása miatt keletkezik a mágnesi polaritás; a mágnes eltörése után az elemi mágnesek helyzetüket nem változtatván meg, az egynevű sarkok összhatása következtében két új sark keletkezik.

A XVIII-ik század végén a mágnesi hipotézisek ép oly bőven termettek, mint az elektromosak, de tudományos értékkel annál kevésbbé dicsekedhettek. A legészszerűbbek még azok, melyek a Coulomb-éval rokonságban voltak. Ezek közül sokáig tartotta magát az a hipotézis, mely szerint a mágnesek elemi mágnesekből állanak, a nem mágneses vasban az egyes elemek összevissza vannak hányva, a mágnesezésnél az ele-

mek rendbe szedődzködnék. Az a tapasztalati tény, hogy a mágnesezésnél az ütések és rázkódások a mágnesség föl vételét elősegítik, ama föltevésnek különösen kedvezett. Ampère fölfe-dezése i mindezeket a hipothéziseket megingat-ták; az elektromosság és mágnesség kölcsönhatá-sai Ampère elmélete szerint oly tisztán nyilván-nulnak, hogy a mágnesi tüneményeknek külön mágnesi hipothézisek alapján való tárgyalása je-lenleg már csak a német tankönyvek megszokott formaságaiból ered.

Különben is Coulomb dicsősége nem hipothé-zisek felállításában áll. Coulomb főérdeme az, hogy az elektromos és mágneses tüneményeket elméleti alapra vezette vissza s ez által a további elméleti vizsgálatok kapuját feltárta. Az elektro-mosság és mágnesség matematikai elmélete az ő vizsgálataival kezdődik.

A párisi tudományos akadémia a forradalom-ban föl oszolván, a forradalom után az összes akadémiaiák az Institut-ben egyesültek. Coulomb

ez intézet megalakítása óta annak tagja volt. Később kineveztetett a közoktatásügy főfelügyelőjévé, mely állás az oktatásügy terén a legelőkelőbb volt. Ezt a tisztét épen annyi jósággal mint szigorú igazságossággal töltötte be.

Biot a Coulomb jelleméről így nyilatkozik: "Mindazok, kik Coulomb-ot ismerték, tudják, hogy szívjósága mennyire enyhíté jelleme komolyságát, s azok, kik oly szerencsések valának, hogy tudományos pályájuk kezdetén vele érintkezhettek, jóakarátát a leggyöngédebb emlékül őrizték meg."

Családi viszonyai igen szerencsések valának.

Coulomb 1806. aug. 23-án 70 éves korában, Párisban halt meg.

Az akadémia és az Institut emlékirataiban megjelent számos értekezésem kívül külön kiadásban még a következő műve jelent meg: *Recherches sur les moyens d'exécuter sous l'eau toutes sortes de travaux hydrauliques sans employer aucun épuisement*, Paris 1779. Utolsó érte-

kezése a hőről két évvel halála előtt jelent meg. A *Théorie des machines simples* 1820-iki új kiadása három értekezésével (a surlódásról, a csavarási erőről s a fémfonalak szilárdságáról, az emberek erejéről) bővítettett.

# VOLTA



*Volta*

I. Volta ifjúsága. - Első vizsgálatai. - Az elektrofor.

Alessandro Volta, a Filippo Volta és Maddalena Conti-Inzaghi fia, 1745 febr. 19-én (némelyek szerint 18-án) a Pliniusok szülővárosában, Comoban született. Tanulmányait atyjának főügyelete alatt szülővárosában nyilvános iskolában kezdte meg s tanuló társai közül tehetségei és munkaszeretete által csakhamar kivált. Már 18 éves korában Nollet-vel tudományos dolgokról, különösen pedig az elektromos tűneményekről, levelezés útján értekezett.

Ugyanez időtájban a fizika legfontosabb vívmányait dicsőítő latin költeményeket írt, miből jogosan következtethetjük, hogy ekkor már minden törekvése a természettudományok művelése volt.

Első értekezését (*De vi attractiva ignis electrici*) 24 éves korában írta s Beccaria-nak küldötte; a másodikat (*De modo construendi novam machinam electricam*, 1771.) Spallanzani-nak ajánlot-



ta. Az elsőben a sűrítő palaczk elméletét fejtegette, a másodikban pedig leírt egy új elektromos gépet, melynek korongja száraz fából volt. E munkálatokból, mindamellett hogy valami különöset nem mutattak föl, az oroszlánkörmök, mint mondani szokták, már kilátszottak; e munkálatoknak köszönhetette, hogy a kormány őt a comói gimnáziumhoz a fizika tanárává s ugyanez intézet rektorává kinevezte.

Evvel Volta sorsa el volt döntve; a fizika életének feladatává lett; ez időtől fogva kezdődnek ama munkálatai, melyek nevének el nem enyésző dicsőséget szereztek.

Első jelentős találmánya, az elektrofor, 1775-ből származik.

Ez a fontos találmány nem volt a véletlen szüleménye s épen úgy elő volt készítve, mint a legfontosabb találmányok túlnyomó része. Wilke már 1762-ben fölismerete egy megdörzsölt üveglapnak mindazon tulajdonságait, melyek lényegük szerint azonosak a megdörzsölt gyantale-

pény tulajdonságaival. De hogy önálló készüléket szerkesztszen, arra Wilke még nem gondolt.

Ugyancsak a megtöltött üvegtáblákkal Aepinus, Cigna és Beccaria is foglalkoztak; az utóbbi 1769-ben kiadott értekezésében a következő sajtóságos tételt állította föl: Valamely pozitív üveglap a róla levehető fegyverzettel közöl ugyan elektromosságot, de az üveglapnak egyszersmind az a képessége van, hogy valahányszor a fegyverzetet eltávolítjuk, elektromosságot ismét magához vesz, még pedig annál nagyobb mértékben, minél többet adott már át a fegyverzetnek; végre midőn az üveg az eredeti elektromosságát mind elvesztette, épen annyit vesz föl, mint a mennyit a fegyverzetnek átad. Beccaria ezt az üveglap fölvette elektromosságot *electricitas vindex*-nek nevezte. A Beccaria elmélete az elektromosságot semmiből teremti.

Volta eme tétel fölött Beccaria-val vitába keveredett. Tagadta, hogy a fegyverzet eltávolításánál az üveglap elektromosságot vesz föl, s hogy

nézeteit kísérletileg is igazolhassa, megdörzsölt gyantalapra szigetelő nyéllal ellátott fémlapot tett. Ekkor azt tapasztalta, hogy a gyanta az elektromosságot igen sokáig megtartja, miért is a készüléket folytonos elektromvezetőnek (elettroforo perpetuo) nevezte. A készüléket úgy rendezte be, mint a mely alakban jelenleg is használjuk. Valahányszor a gyantára tett fémlapot, a fedőt, s a lepény fémtányérját érintette, mindannyiszor gyöngé ütést kapott s az ezután fölemelt fedőn jelentékeny mennyiségű elektromosság maradt. Az elektrofor az elektromosságnak kiapadhatatlan forrása volt.

Volta találmánya, melyet ő először Priestleyvel ismertetett meg, nagy tetszésben részesült. A fizikusok, különösen pedig Wilke, sokat fáradoztak azon, hogy az elektrofor működését kimagyarázzák, de megegyező eredményre nem jutottak. A készülék működését jelenleg a megosztás elvével magyarázzuk s az elektromosság forrásául azt a munkát tekintjük, melyet a fedő fölemelésénél az elektromos vonzó erő ellenében kifejtünk. A

Holz-ról elnevezett gép e munkát elektromossággá a legczélszerűbben alakítja át.

II. Volta chemiai munkái. - Volta Páviában tanár. - A szalmaszál-elektroskop és a kondenzátor. - Az eudiométer s egyéb találmányok.

Volta 1776 és 1777-ben egypár hónapon át chemiai vizsgálatokkal foglalkozott. A chemikusok a természetben előforduló gyulékony gázt, mivel rendszerint a kőszénbányákban fordult elő, az ásványország, tehát szervesetlen anyagok termékének tekintették. Azonban Volta, a tárgyra figyelmessé tétetvén, kimutatta, hogy az állati és növényi anyagok rothadását rendszerint gyulékony lég fejlődése kíséri, s hogy az álló vizek és mocsarak iszapjának fölkeverése alkalmával e gáz buborékai nagyobb mennyiségben felszállanak. E szerint a mocsárléget, mint ilyent, Volta találta föl.

Volta 1777-ben távozott először Olaszországból. Ez alkalommal Svájcba ment; Bernben megismerkedett Haller-rel, Ferneyben Voltaire-

rel; Genfben pedig Bénédict de Saussure-rel baráti viszonyba lépett. Utazását külön munkában írta le.

Voltá-t ekkor már az elsőrangú fizikusok közé számították, s valóban elég jogcímet szerzett arra, hogy a comói szerény iskolát egyetemi tanzékkal cserélje föl: 1779-ben a páviai egyetemhez tanárrá kineveztetett; állomását még ugyanabban az évben foglalta el.

Az ifjúság messze földről Páviába sereglett, hogy a híres tanár előadásait hallgathassa. Arago szerint Olaszországban, hol a képzelő tehetség oly gyorsan fölhevül, emez előadások valóságos enthuziazmust idéztek elő. A Volta tanítványa cím után való vágy volt az oka, hogy a Ticino melletti egyetemet egy harmad évszázadon át oly sűrűn látogatták.

A fizikus iránt, ki rövid idő alatt oly szép eredményekre jutott, mindenki a legjobb reménnyel volt eltelve. Ez a remény nem volt hiú, mert Volta, miután már kimutatta, hogy vékony pléhből

készített s egymással összekötött hengerek nagy felületük miatt az elektromosság gyűjtésére sokkal alkalmasabbak, mint egy kicsiny és vastag fálú konduktor, 1781-ben feltalálta a szalmaszálelektroskopot, melyet a Lichtenberg-hez intézett meteorológiai leveleinek elsejében irt le, s mely lényegében megegyezett Bennet aranyleveles elektroskopjával. Második találmánya, a kondenzátor (elektrom-sűrítő), melyet méltán nevezhetünk elektromos mikroskópnak, minden tekintetben jelentős készülék, mely a fegyverzett táblától csak céljára nézve különbözik. A fegyverzett táblával több elektromosságot akarunk összegyűjteni, mint a mennyi az elektromos forrással közvetetlenül összekötött fémlapokon máskülönben elférne, a kondenzátorral pedig az igen csekély elektromosságot azért sűrítjük, hogy hatása észlelhető legyen.

Volta a kondenzátort a Journal de physique 1783-iki évfolyamában írta le, azonban az elektrométerrel csak 1787-ben kötötte össze. Hogy az egész készüléket még érzékenyebbé tegye, az

elektrométert gyertyalánggal kötötte össze. Priestley s ő előtte más fizikusok is ismerték a lán-  
gok ama tulajdonságát, mely szerint a velük ösz-  
szekötött testek elektromosságukat gyorsan elve-  
szítik, s épen az a föltűnő, hogy Volta átértette,  
hogy miként lehet ezt a tulajdonságot az elektro-  
mosság sűrítésére felhasználni. Sőt azt a kérdést  
is fölvetette, vajjon nem volna-e jobb a fémből  
készült villámhárítókat egyes kimagasló tárgya-  
kon rakott tüzekkel helyettesíteni?

Ez időtájba esnek Voltá-nak még több találmá-  
nyai, melyek mindegyikének megvolt a maga  
gyakorlati értéke. A szikrának gyújtó hatásait  
vizsgálván, feltalálta az elektromos pisztolyt s az  
elektromos tűzszerszámot; az utóbbiban az elekt-  
romosságot úgy alkalmazta, hogy vele a hidro-  
gént bármikor meg lehessen gyújtani. E fajta ta-  
lálmányai között a legértékesebb volt az eudio-  
méter, mely az elemző chemia leghasznosabb  
eszközeinek egyikévé vált. A készülék nem  
egyéb, mint vastag falú osztályozott üvegcső,  
melybe egymással szemközt két platina-drót van

forrasztva. Ha például a levegőt akarnók elemezni, bizonyos mennyiségű levegőt és fölös mennyiségű hidrogént vezetünk a csőbe, s a keveréket a platinadróton átcsapó elektromszikrával felrobbantjuk. A hidrogén a levegő oxigénjének félakkora térfogatával vízzé egyesül, a mi tehát a csőben fönmarad, nem egyéb, mint nitrogén és hidrogén keveréke. A fönmaradt gázok mennyiségéből a levegő alkotó részeinek aránya kiszámítható. Humboldt és Gay-Lussac az eudiométereket 1805-ben megvizsgálván, Voltá-ét a legjobbnak találták.

### III. A légköri elektromosság forrásai.

Volta 1782-ben Scarpa, a híres chirurgus kíséretében hosszabb útra indúlt. Hogy a kiváló tudósokkal közvetetlen érintkezésbe lépjen, meglátogatta Németország, Holland, Angolország és Franciaország fővárosait. Lichtenberg, van Marum, Priestley, Laplace és Lavoisier valának azok, kikkel Volta a fizika problémái fölött behatóbban értekezett. Ez időszakba esnek a légköri



elektromosságra vonatkozó dolgozatai, mely tervével, saját vallomása szerint, már 1778 óta foglalkozott.

Miután a légköri elektromosság tényleges jelenléte Franklin, Dalibard stb. kísérletei által minden kétséget kizáró módon bebizonyított s egyszersmind a káros hatásait megszüntető eszközök is feltaláltattak, még ama nagy kérdés megfejtése maradt hátra, hogy honnét ered a légkör elektromossága, melyek a forrásai?

Már Priestley többször idéztük művének negyedik részében, melynek czíme "hézagok az elektromosság tudományában", a következő kérdéseket teszi föl: "Mi módon lesznek a felhők elektromosakká? Talán a szelek hatása következtében? Vagy talán a levegőnek váltakozó fölhevülése és lehülése idézi elő a hatásokat?"

Volta a légköri elektromosság forrásául a folyadékok, nevezetesen a víz elpárolgását tekinté. Nézetét kísérleti vizsgálatoknak veté alá. Elszigetelt edényből a vizet elpárologtatta, s midőn az

edényt a kondenzátorral összekötötte, ez jelentékeny mennyiségű negatív elektromosság jelenlétéről tanúskodott. Kísérleteit 1780-ban néhány francia akadémikus jelenlétében hajtotta végre.

Volta a tűneményt úgy magyarázta, hogy a párolgó víz a vele érintkezésben levő testektől nemcsak a hőt, hanem az elektromosságot is elvonja, s valamint az elpárologtatásra fordított hő a gőzökben rejtett állapotban lappang, s a gőzök lecsapódásánál ismét szabaddá válik, épen úgy a fölszálló gőzök a rejtett elektromosságot a légkör magasabb régióiba fölviszik s miután az ott uralkodó hideg miatt lecsapódnak, a hővel együtt az elektromosság is szabaddá válik és összegyűl. Mivel pedig a rosszul vezető levegő megakadályozza az elektromosság szétszóródását, az csak is az esővel, hóval, vagy pedig heves exploziók útján térhet vissza a földre, a honnét származott. E szerint a légköri elektromosság forrása egy mindennapi tűnemény volna, mely lassan, de szakadatlanul működik, hogy egyes időközökben félelemletes hatásokat idézzon elő.

Volta kísérletét Lavoisier és Laplace is végrehajtották s az e tárgyról közzétett értekezésükben főlemlítik, hogy kísérletüknél Volta is jelen volt s őket támogatta.

E kijelentés alapján Arago hosszasan fejtegeti, hogy mily csekély értéke van a tárgy fölött keletkezett prioritási vitának. Azonban ez a fejtegetés fölösleges, mivel az egész elmélet korántsem áll olyan szilárd alapon, hogy azt olyan kiváló három szellem mindegyike a magáénak vallani érdekében levőnek tarthatná. Épen nem valószínű, hogy a légköri elektromosság forrása a párolgás volna. Már Priestley említi, hogy csekély mennyiségű vizet üvegedényben elpárologtatott, de az elektromosságnak nyomát sem találta. Később Pouillet kísérleteiből kiderült, hogy a tiszta víz párolgásánál elektromosság nem lép ugyan föl, de azonnal mutatkozik, ha a víz sókat vagy valamely tisztátalanságot tartalmaz. Mivel pedig a Föld fölületén levő vizek kisebb-nagyobb mértékben mindig tisztátalanok, a szóban forgó elméletnek helyessége még sem volna kizárva.

Azonban Reich s utána Riess a Pouillet kísérleteit ismételvén, kimutatták, hogy a só-oldatok forrásánál némi elektromosság keletkezik ugyan, de ennek oka nem a párolgásban, hanem a víz és edény közötti surlódásban rejlik, mert az elektromosság csakis a forrásnál keletkezik, lassú párolgásnál nyoma sincs. Reich továbbá kimutatta, hogy a gőzök lecsapódása szintén nem forrása az elektromosságnak.

Pouillet még abban a nézetben is volt, ha a vegetáció életműködése a légköri elektromosságnak szintén jelentékeny forrása lehet s sokaknál ez a nézet is tetszésre talált. Azonban Riess kísérleteiből kiderült, hogy ez a nézet is helytelen.

Végre még fölemlítjük, hogy a működésben levő gőzgépnek véletlenül fölfedezett elektromossága, mely a gőzelektromos gépek szerkesztésére vezetett, a párolgási elméletnek új táplálékot nyújtott. Azonban Faraday a kétséget csakhamar eloszlatta, mert kimutatta, hogy az elektro-

mosság itt is a nedves gőzök surlódása következtében keletkezik.

Miután a kísérletek a párolgási elméletet megdöntötték, vagy legalább is valószínűtlenné tették, új elméletről kellett gondoskodni.

Peltier, támaszkodva a légköri elektromosságra vonatkozó kísérletekre, azt az elméletet állította föl, hogy a Föld fölülete negatív, a felsőbb légrétegek pedig pozitív elektromosak.

E nézethez Lamont is csatlakozott; Lamont szerint az egész Földnek állandó mennyiségű, de egyenlőtlenül szétosztott negatív elektromossága van; az egyenlőtlen szétosztás részint a földfelület egyenetlenségeiben, részint pedig a levegő változó gőztartalmában lelné magyarázatát.

Ezt az elméletet melyet a tények nem sokkal hathatósabban támogattak, mint Volta-ét, sokan egészen újnak tartották, pedig már Priestley is fölvetette a kérdést, "vajjon nincs-e a Föld állandóan valamely mérsékelt elektromozás állapotában?... Nem valószínű-e, hogy a földrengé-

sek, az orkánok stb. éppen úgy mint a zivatarok a Földben levő túlságos elektromosság következményei?"

A Priestley német fordítója eme kérdéseket udvariatlan megjegyzés kíséretében oly haszontalannak nyilvánítja, hogy rájuk felelni sem érdemes!

#### IV. Érintkezésbeli elektromosság.

Como egyik nyilvános terét Voltá-nak márványszobra diszíti.

Ez a szobor, melyet a szülöttjére büszke város emeltetett, azonnal fölvilágosítja a szemlélőt Volta dicsőségének legfőbb okáról: a híres fizikus az általa feltalált, ott persze szintén márványból faragott, elektromoszlopra, tehát dicsőségének önmaga emelte oszlopára támaszkodik. S valóban maradandóbb oszlopot egy természetbúvár sem emelhetett volna magának. Az az erő, melyre az élettelen kő emlékeztet, ma már a Föld kekségének minden pontján élő oszlopként hir-

deti az emberi értelem legfényesebb vívmányainak egyikét.

Az érintkezésbeli elektromosság s az evvel kapcsolatban feltalált Volta-féle oszlop az első láncszeme a fényes fölfedezések hosszú sorozatának. Mivel az elektromosságnak új forrásáról van szó, nem mulaszthatjuk el, hogy az akkoráig ismert elektromosság-forrásokat át ne tekintsük.

A legközönségesebb forrás a különmemű testek dörzsölése volt. Ezután Franklin kimutatta, hogy a természet a légkörben nagy mennyiségű, ránk nézve persze alig értékesíthető elektromosságot tart készletben. Ez volt a második eredeti forrás, mert hogy a Volta párolgási elektromossága valóban forrásnak tekintendő-e, az mindekkoráig kétséges maradt.

Wilke magától való elektromosságának (*electricitas spontanea*), a mennyiben, mint külön forrásból származónak volna tekintendő, szintén kétes az eredete. Wilke agyagedényben ként olvasztott s vezető testekre állította; ekkor a meg-

merevülő kén jelentékeny elektromosságot mutatott. A kísérletet üvegedénynyel ismételvén, a kén negatív, az üveg pozitív elektromossá lett; hasonló eredményre jutott a megolvasztott sellak megmerevedésénél is. Föltehető, hogy a megmerevedés folyamában föllépő magától való elektromosság szintén a különmemű részek surlódásából ered, annyival is inkább, mivel, midőn a megolvasztott sellak kénbe öntve merevedett meg, a sellak pozitív elektromosságot mutatott. Hasonló kísérletekkel Aepinus is foglalkozott.

A párolgást és a megmerevedést az elektromosság közvetetlen forrásainak nem tekinthetjük ugyan, de a múlt században mégis ismeretes volt egy olyan tünemény, mely nyilván mutatta, hogy a hő az elektromosságnak forrása lehet. Ez a tünemény a turmalin elektromossága, vagyis az úgynevezett pyro-elektromosság volt.

A turmalin, mindamellett, hogy az európai kőzetekben is előfordúl, csak a múlt század elején vált ismeretessé: 1703-ban hollandi kereskedők



hozták azt Ceylon-szigetéről, hol a benszülöttek ez ásványt turnamalnak vagy tripnek, a hollandiak pedig, tekintettel ama tulajdonságára, hogy tűzbe téve hamut húzott, aschentreckernek nevezték. A tudományos forrásból származó első tudósítás Lemery-től ered, a ki a ceyloni követ s ennek tulajdonságait a párisi akadémiának bemutatta. Linné e körül s Lemery kísérleteiről *Flora Zeylonica* című művében tesz említést s a követ *lapis electricus*-nak nevezi.

Lehmann bányatanácsos a turmalint megismertette Aepinus-sal s ennek két turmalinkristályt szerzett. Aepinus vizsgálataiból kiderült, hogy a turmalin csak akkor elektromos, ha az egyik vége melegebb mint a másik, s ekkor a két végén különmemű elektromosság mutatkozik; továbbá, hogy ez elektromosság a kristálynak csak bizonyos pontjain mutatkozik, azaz a kristálynak elektromos sarkai vannak. Mindezekből kitűnik, hogy a pyro-elektromosság alaptüneményeit Aepinus ismerte föl először.

Időközben Wilson Londonban és Noya herceg Párisban szintén megvizsgálták a turmalint s az Aepinus-éihoz hasonló eredményeket kaptak. Canton az Aepinus feltalálta tulajdonságokat egy nevezetes észlelettel toldotta meg: a turmalin hűtés által is elektromossá válik, de ekkor a sarkok fölcserélődnek. Ugyanezt a tulajdonságot Tobern Bergman is feltalálta.

1760-ig az a nézet uralkodott, hogy csak a turmalinnak vannak pyro-elektromos tulajdonságai. Azonban Canton egy londoni ékszerkészítőtől többrendbeli drágakövet kapván, kimutatta, hogy e tulajdonságokkal a braziliai topáz is föl van ruházva. A jelen század elején Haüy, a híres mineralógus, pyro-elektromos tulajdonságokat számos kristályon fedezett föl.

A pyro-elektromosságon kívül a múlt században még egy másik, még sajátságosabb elektromforrást ismertek. Már az ókoriak tudták, hogy a dél-európai vizekben élő, jelenleg Raja torpedo néven ismert hal az ember tagjait megzsibbaszt-

ja, azonban elektromos tünetényekre még nem gondoltak, sőt még Réaumur is (1714) az ütések tisztán mechanikai hatásoknak tekinté. Csak 1773-ban fedezte föl Walsh a halnak elektromos szerveit. Az angolnához hasonló Gymnotus electricus-t Bicher fedezte föl Délamerika vizeiben. A harmadik halról, a Silurus electricus-ról Forscal svéd utazó és a francia Broussonet tettek először említést. E halak elektromosságát, vagy inkább elektromos életműködését, daczára a nagyszámú vizsgálatoknak, mindekkoráig homály borítja.

Ezek voltak az elektromosságnak Volta idejéig ismert forrásai. Ha Volta az elektrofor működésének elveit helyesen fölismerte volna, kénytelenek volnánk elismerni, hogy ő az elektromosságnak új forrását, még pedig azt a forrását, melyet a legújabb kor a leggazdagabbnak s hozzátehetjük, a legolcsóbbnak ismert föl, t. i. a mechanikai munkát, találta föl. Azonban az a nagy törvény, mely a természet tünetényeit egységes lánczczá kapcsolja, Volta idejében még nem volt feltalál-

va; az elektroforban az elektromosságnak amaz új forrását csak Robert Mayer ismerte föl.

Mindazonáltal Voltá-nak volt fentartva az a szerencse, hogy az addig ismert elektromosság-forrásokat az érintkezésbeli elektromossággal gazdagítsa, mely új forrás a megelőzőket nem csak a szó quantitativ értelmében vett bőség által múlja fölül, hanem a belőle folyó fölfedezések hosszú lánczolata által a fizikai találmányok történetében párját ritkítja.

Közönségesen azt tartják, hogy ez új forrást s evvel együtt a fizikának azt az ágát, melyet galvanizmusnak vagy helyesebben a dinamikai elektromosság tanának nevezünk, a szerencsés véletlennek köszönhetjük. Az esemény, mely eme nézetre alkalmat adott, a következő.

1790-ben történt, hogy Luigi Galvani páduai anatómia-tanárnak neje, Lucia Galeazzi, megbetegedett. Az orvosok békaczmblevest rendeltek neki. A békák bonczolása épen Galvani mester-ségébe vágott, minélfogva - a nélkül, hogy tagad-

ni akarnók, hogy eme tettének motivumában a neje iránti gyöngédségnek része nem volt - a békák praeparálásához maga látott hozzá. A békaczombok már az asztalon feküdtek, midőn valaki a teremben levő elektromos gépet véletlenül forgatta s a gép konduktorából szikrákat húzott. Galvani - egy másik versió szerint - neje, azt az észleletet tette, hogy valahányszor a konduktorból egy szikra kiugrott, a békaczombok mindannyiszor sajátságosan rángatództak.

A dolog egyszerű volt: a békaczomb úgy működött, mint valamely érzékeny elektroskóp; s ha Galvani ép oly ügyes fizikus lett volna, mint a milyen ügyes anatómus volt, az egész tüneményben valami különöset nem látott volna. Szerencse, hogy a dolog nem így állott s Galvani a tüneményt egyik régi kedvencz hipothézisével, az állati elektromossággal hozta kapcsolatba s ebből a szempontból további vizsgálatok kiinduló pontjává tette.

Először is meg akarta tudni, vajjon a légköri elektromosságnak van-e valami befolyása az állatra, minélfogva a békaczombokat drótokkal lákása erkélyére akasztotta. A drótok a hátgerincz-agyba nyúltak s a véletlen úgy hozta magával, hogy a békaczomb izmai is az erkély vaspárkányával érintkeztek. Az ebben a pillanatban fellépő rángatódzások megértették Galvani-val; hogy a légköri elektromosságnak a tünetéhez semmi köze, minélfogva az egész dolgot a leydeni palaczk működéséhez hasonlította. Az idegekben volt a pozitív, az izmokban pedig a negatív elektromosság: ha az izmok az idegekkel fémdróttal összeköttenek, a palaczk kisül s innét erednek a rángatódzások. Galvani találmányát a bolognai akadémia emlékirataiban 1791-ben tette közzé.

A nélkül, hogy elvitatni akarnók, hogy eme kísérletekben és észleletekben a véletlennek nagy szerepe nem volt, mégsem engedhetjük meg, hogy a dinamikai elektromosság létrejöttét csak a pusztá véletlennek köszönhetné. Voltak régiebb észleletek is, melyek, bár nem részesültek abban

a szerencsében, hogy úgy mint a Galvani-é, alaposabb vizsgálatokra alkalmat adhattak volna, arról mégis tanúskodnak, hogy a figyelő tehetség karöltve a spekulációval a dinamikai elektromosságot a Galvani észleletei nélkül is előbb-utóbb létre hozta volna. Így például Sulzer már 1767-ben szólott ama sajátságos savanyú ízről, melyet a nyelv érez, ha ezt két egymással érintkező különmemű fémdarabbal érintjük. Cotugno nápolyi anatómia-tanár pedig 1784-ben egy eleven egeret bonczolván, midőn az állat hasát felvágta, karjában erős ütést érzett. Sőt Caldani, ugyancsak a bolognai egyetemen már 1756-ban észlelte a békák elektromos rángatózásait. E tényeket nem azért említjük föl, hogy Galvani érdemeit kisebbítsük, csak azt akartuk jelezni, hogy a szóban forgó találmánynál a véletlennek korántsem volt oly nagy szerepe, mint ezt közönségesen hiszik.

Galvani találmánya első sorban a fiziológusokat érdekelte. Valli, Moscati, Fontana, Aldini, Ackermann, Schmuck, Fowler, Hunter és még

számos tudós Galvani kísérleteit különféle variációban ismételte. Az elektromosság az életműködés egyik főtényezőjének rangjára emeltetett, s mindamellett, hogy az emberi test elektromosságát akkor még közvetetlenül nem mutatták ki, szerepéről mindenféle elmélet keletkezett.

Ekkor kezdette a dolgot közelebbről megvizsgálni Volta is, ki eleintén Galvani nézeteit vallotta. Volta észrevette, hogy a kísérlet akkor sikerül legjobban, ha az ideget az izmokkal összekötő ív különnemű két fémdarabból áll; midőn az ív csak egyféle fémből állott, a rángatódzások csak ritkábban következtek be, vagy egészen elmaradtak. Midőn azonban azt a nevezetes észleletet tette, hogy a rángatódzások akkor is mutatkoztak, ha a különböző két fémet többé nem az izmokkal és idegekkel, hanem csupán az izmokkal érintette: azonnal átlátta, hogy a tünetényhez a hipotézises leydeni palaczknak semmi köze. Ez az új észlelet, épen azért, mert új tényt tárt föl, a tünetény magyarázatát csak megnehezítette. Volta legyőzte a nehézséget; az új hatás okait fürkész-



ve, azt az épen oly új, mint merész tételt állította föl, hogy a rángatódzások oka az elektromosság, mely a különböző két fém érintkezésénél föllép.

Volta új tétele, mint képzelhetni, Galvani híveinek sehogy sem tetszett, mert kedves elméletüket alapjában támadta meg. Az ily kemény és alapos támadással szemben a pusztá tagadás mit sem használt; gondoskodni kellett kísérletekről, tényekről, melyekkel a támadást visszaverni lehessen. S valóban a galvanisták találtak is olyan tényt, melylyel Volta tételét megingathatni vélték. Ugyanis a rángatódzások akkor is mutatkoztak, ha az izmokat ugyanabból a pléhből metszett fémlapokkal érintették. Volta, azt állítván, hogy az elektromosság a fémek különmeműségében rejlik, ama ténynyel szemben is következetes maradt; megengedte, hogy a fémlapok egyenlő anyagúak voltak, de hozzátette, hogy mérsékletükben, vagy keménységükben vagy pedig más fizikai tulajdonságaikban különbözniök kellett; ő maga is bebizonyította, hogy az ugyanabból a pléhdarabból metszett két fémlap érintkezése az

elektromosság forrásává válhatik, ha a két lap között valami nagyon csekély fizikai különbség van.

Az utolsó, s a galvanisták véleménye szerint a legalaposabb támadást Valli intézte Volta ellen. Valli kimutatta, hogy a rángatódzások akkor is létre jönnek, ha a békának különböző két része érintkezik. Azonban ez a tény, nem hogy megdöntötte volna Volta tételét, hanem ellenkezőleg, még inkább támogatta, mert Volta bebizonyította, hogy az említett rángatódzások csak akkor jönnek létre, ha a béka testének lehetőleg különböző két alkotórésze érintkezik, s hogy elkerülhetetlenül szükséges, hogy e két alkotórész közé valamely harmadik test tétessék. Ez a támadás még alkalmat adott Voltá-nak, hogy tételét oda általánosítsa, hogy bármely tekintetben különböző két test érintkezése által elektromosság keletkezik.

Galvani makacsabb hívei nézeteiket még most sem hagyták el, azonban támadásaik jelentéktelenek.

nekké lettek; kísérleteik mindinkább elvesztették az öntudatos vizsgálatok jellemét. Sikerült ugyan nekik a megölt állatok különféle részeinek izgatása által holmi rángatódzásokat előidézni, de ez által elméletük meg nem szilárdult. Arago szerint a bolognai iskola hívei bizonyítékaikat nem a hatások benső mibenlétéből, hanem azok nagyságából merítették, s e tekintetben ahhoz a fizikushoz hasonlítottak, a ki, bebizonyítandó, hogy a kén-eső a csövekben nem a légnyomás miatt emelkedik, arra a gondolatra jött, hogy a szűk csövet tágas hengerrel helyettesítse s aztán a fölemelt folyadék mázsányi súlyában elrettentő akadályt látott.

Ha Volta a békák rángatódzásain kívül más tényre nem hivatkozhatik, tétele hipotézis jellemű maradt volna. Be kellett még bizonyítania, hogy midőn a két fémme a rángatódzásokat előidézte, a hatás okozója csakugyan az elektromosság volt, vagyis tisztán fizikai kísérlettel kellett bebizonyítania, hogy két különböző fém érintkezésénél elektromosság keletkezik.

E feladat megfejtése Voltá-nak, ki akkor már a kondenzátorral rendelkezett, nehézséget nem okozott. Szigetelő üvegnyelekkel ellátott két fémlapot (cink és réz) úgy illesztett egymásra, hogy a fémfelületek egész terjedelmükben érintkeztek. Ezután a nyelek segítségével a két fémlapot gyorsan szétválasztotta s a lapok egyikét az elektroskóppal összekötött kondenzátorral érintette. Az elektroskóp szalmaszála azonnal szétmentek s az ismeretes módszerek segítségével könnyen meggyőződhetett arról, hogy a cink pozitív, ellenben a réz negatív elektromos volt.

Ez volt Volta alapkísérlete, melyet azóta többféleképpen módosítottak s a mely Volta tételét minden kétséget kizáró módon bizonyította be.

E kísérlet mellett még egy másik fontos fölfedezést is tett. Ugyanis azt tapasztalta, hogy ugyanaz a réz, mely cinkkel érintkezve negatív elektromossá lett, ezüsttel érintkezve átvette a cink szerepét, azaz pozitív elektromossá lett, miből azonnal fölismerte, hogy a különböző fé-

mek az érintkezésnél épen úgy viselik magukat, mint ama testek, melyek dörzsölés által válnak elektromosakká, vagyis, hogy a fémeket is bizonyos elektromos sorba lehet szedni, mely sor minden egyes tagja az előtte való tagokkal érintkezve negatív, az utána következő tagokkal érintkezve pedig pozitív elektromossá lesz. A kísérleteket több fémmel és nem-fémmel végrehajtván, a következő sort állította föl: cink, ólom, cinn, vas, réz, ezüst, arany, grafit, barnakő.

## V. Az elektromos oszlop.

Volta az új elektromosság-forrást feltalálván, nem maradt egyéb kívánni való, mint hogy ez a forrás a lehetőleg kiaknáztassék, azaz oly berendezés találtassék föl, mely érintkezés által tetemes mennyiségű elektromosságot szolgáltat.

A megfejtendő feladat Voltá-ban most is mes-terére talált. Volta először is a cink és rézből alkotott párok többszörösítésére gondolt; de kísérletei eredménytelenek maradtak, sőt azt tapasztalta, hogy két cinklap közé tett rézlap,

vagy két rézlap közé tett czinklap semmi elektromos hatást sem mutatott.

Ekkor az a gondolata támadt, hogy talán célszerű volna a kettős fémlapokat valamely vezető testtel szétválasztani. Először is egy páron vizsgálta a hatást. A czink és a rézlap közé megnedvesített posztódarabot tett s azt tapasztalta, hogy a hatás kétszer akkora. Hogy mármost a hatást még inkább fokozza, a kettős fémlapok számát szaporította, úgy azonban, hogy a párok közé nedves posztódarabokat tett. A mit a száraz fémoszlopokkal el nem érhetett, most teljesen sikerült: az elektromos oszlop, a Volta oszlopa föl volt találva.

Volta a találmányát, melyet eleintén elektromotor-nak nevezett, először la Métherie-hez intézett levelében írta le; a levél a Journal de Physique 1801-iki évfolyamában jelent meg. E levélből közöljük a következőket: "Miután az általam használt kondenzátor segítségével világosan láttam, hogy mennyi elektromosságot szolgáltat egy

egyedüli fémpár, kimutattam, hogy két, három, négy ... jól rendezett fémpár kétszer, háromszor, négyszer ... annyit szolgáltat, ennél fogva, ha egy egyedüli fémpárral elektromozván a kondenzátort, ez az elektrométerrel például három fokot jeleztet, akkor két fémpárral hat, hárommal kilencz, négygyel tizenkét ... fokot jeleztet, ha nem is egészen pontosan, de legalább megközelítőleg. Tehát egy kicsiny oszlop már össze van állítva, ez azonban kondenzátor nélkül az elektrométeren elektromosságot még sem mutat. Hogy ezt közvetlenül mutassa, hogy az elektromos feszültségnek egy egész fokát (melyet a szalmaszálak divergálásából már alig lehet megfigyelni) elérje, ahhoz megkívántatik, hogy az oszlop legalább is hatvan fémpárból álljon, mert minden egyes fémpár csak egy hatvanad foknyi kitérést hozna létre. Ekkor ha végeit nedves újjakkal érintjük, bizonyos ütések is lehet érezni; erősebb ütésekert kapunk, ha oly fémekkel érintjük, melyeknek tágas fölületét jól megnedvesített kezekkel markoljuk, s ily módon már 20 vagy 30 fémpárból

összeállított készülékkel is érezhetni az ütéseket, föltéve, hogy a fémek eléggé tiszták, s főképen, hogy a közbe rakott nedves rétegek nem közönséges és tiszta vízből, hanem eléggé koncentrált só-oldatokból állanak."

Volta Banks-el, a Royal Society titkárával hasonló leírást közölt. Eme közlemény (Phil. Trans. II, 1800) következtében kapta a Copley-érmet.

A fentebbi leírásból világosan kitűnik, hogy, mint minden találmány, mely a fejlődésének első stádiumában van, úgy a Volta oszlopa is még nagyon tökéletlen volt. Azonban az irány, melyben haladnia kellett, tisztán és világosan ki volt jelölve. Mint a miképen annak idején mindenki az elektromos gép javításán fáradozott, úgy most mindenki azon volt, hogy az oszlop hatásait fokozza. A fémpárokat hol vízszintesen, hol függőlegesen állították föl, a rezet és czinket más fémekkel pótolták, különböző vezető folyadékokat próbálgattak stb.; mindazonáltal jelentékenyebb hatásokat csak az egyes elemek fölületének tete-



mes nagyítása s az elemek számának szaporítása által érték el. Az oszlopok egyes kiváló fizikusok lényeges javításai után is csak akkor váltak igazán hatásos eszközökké, midőn chemiai hatásaik már kellőleg tanulmányoztattak s szerkezetük eme hatások figyelembe vételével módosított.

## VI. Az elektromos oszlop elmélete.

Volta oszlopának történetét az imént előterjesztvén, nagyon is érezzük, hogy bár röviden, de mégis jellemeznünk kellene ama nagy eredményeket, melyeknek szülője ez az oszlop volt. E közben nem kerülhetnők el, hogy Davy, Ampère, Oersted, Faraday s Arago műveit elemezzük; de mivel e feladattal később amúgy is behatóbban kell foglalkoznunk, most csak arról a szellemi viszonyról, melyben Volta a találmányával állott, akarunk néhány megjegyzést tenni.

Volta a fémek érintkezésénél föllépő elektromosságot kizárólag az érintkezésnek tulajdonította. Midőn az oszlop két sarkát egymással vezető összeköttetésbe hozta, a réz negatív elektromos-

sága a cink felé, a cink pozitív elektromossága pedig a réz felé folytonosan áramlott, azaz elektromos áram keringett. Volta, támaszkodva az alapkísérletére, eme folytonos áram forrásául is a fémek folytonos érintkezését tekinté, tehát az alaptörvény következetes alkalmazása által egészen helytelen következtetésre jutott. Ha ugyanis az oszlop sarkait vékony platinadróttal összekötjük, a drót izzásba jő, tehát hő és fény fejlődik; ha az elektromáramot vezető folyadékon vezetjük át, a folyadék alkotórészeire bontatik föl; végre, az elektromos áram mechanikai munkát is hajthat végre. Mármost Volta szerint a hőnek, a fénynek, a chemiai és mechanikai munkának végső forrása a fémek pusztá érintkezése, s mivel az érintkezés korlátlan időig eltarthat, nyilván való, hogy az oszlop a különféle munkának kiapadhatatlan forrása, s úgy látszik, hogy az oszlop által a perpetuum mobile problémája megvan fejtve.

A fizikának, hogy a Volta elméletét megdöntse, nem kellett Robert Mayer-ig várni. Ezt az el-

méletet, melynek következetlenségei szembe-  
tűnőek valának, először Fabroni támadta meg, aki  
abban a nézetben volt, hogy az elektromos áram  
forrása a cink oxidációja. Wollaston és Davy,  
támaszkodva a tapasztalásra, ezt a nézetet fizikai  
igazság rangjára emelték. Miként a gőzgép mű-  
ködése bizonyos mennyiségű szén elége, oxi-  
dációja által tételeztetik föl, épen úgy az elekt-  
romos oszlop működése el nem választható a  
cink oxidációjától. A gőzgép köszenet, az osz-  
lop cinket fogyaszt; amott a chemiai folyam  
közvetetlenül hőt, emitt pedig elektromáramot  
termel.

Eme ténynek megállapítása után a Volta érint-  
kezési elméletének helyét a chemiai elmélet fog-  
lalta el. Azonban egy időközben tett találmány az  
érintkezési elméletnek segítségére jött. A fiziku-  
sok olyan oszlopokat is állítottak össze, melyek-  
ben a folyós vezető mellőzve volt. Ezek között  
legnagyobb hírre vergődött Zamboni veronai ta-  
nárnak száraz oszlopa. Ez oszlopban néhány  
ezernyi papirdarabka, melyek egyik oldala cink-

nel, a másik pedig barnakőporral van bevonva, kellőképpen egymásra van fektetve. Ez az oszlop évek hosszú során át szakadatlanul működik, a nélkül, hogy a cinn oxidálódna vagy pedig hogy valamely vezető folyadék jelenléte megkívántatná. Azonban gondosabb vizsgálatok kiderítették, hogy a nedves vezető itt is megvan, még pedig a száraznak vélt papir alakjában, mert ha az oszlop valóban száraz oszlop, azaz ha a papírt higroskópos nedvességétől megfosztjuk, akkor elektromos hatásokat nem mutat.

Azonban a chemiai elmélet is épen úgy túlmént azokon a határokon, melyeken belül mozgania kellett volna, mint az érintkezési elmélet. A chemiai elmélet nemcsak az elektromos áramnak, hanem a fémek puszta érintkezésénél föllépő elektromosságnak forrásául is chemiai folyamatokat tulajdonított. Volta tévedt ugyan, midőn az áram s az ez által létesített munkák forrásául a puszta érintkezést tekinté, de igaza volt, midőn azt állította, hogy az elektromosság szétválasztására a puszta érintkezés elégséges. Az érintkezés

az elektromosságot szétválasztván, az áramot megindítja, ezután maga az áram a cink oxidációja árán jó létre. Az érintkezési elmélet jogosultsága abban rejlik, hogy számos oly érintkezést ismerünk, melyeknél kísérletileg kimutatható chemiai folyam nincs, minélfogva az érintkezési elmélet, különösen Németországban, számos fizikusnál tetszésre talált. A chemiai elmélet, midőn a puszta érintkezés tünetényeit is a maga körébe vonja, oly alapon áll, hogy az általa vitatott tényeket kísérleti úton nem ellenőrizheti, s ily esetekben a kombinációknak persze nagyon tágas tere nyílik. Különben is, csak az érintkezési elmélet, nem ugyan a Volta-féle, hanem az erő megmaradása elvével összhangba hozott érintkezési elmélet képes az elektromoszlop működését észszerűen megmagyarázni: az érintkezés által az elektromosság szétválasztatik, s ott, a hol szétválasztó erő működik, nagyon természetes, hogy a különnemű elektromosságok nem egyesülhetnek, minélfogva a két fémlap közé vezető folyadékot

kell tenni, hogy ezen át az elektromosságok egyesülése, vagyis az áram létrejöhessen.

VII. Volta kísérletei Párisban. - Kitüntetései. - Egyéni és tudományos jelleme. - Halála.

Volta 1801-ben Bonaparte tábornok meghívására Párisba utazott, hol is kísérleteit az Institut egyik bizottsága előtt bemutatta. Erre vonatkozólag Arago a következőket írja:

"Az első konzul személyesen akart jelen lenni azon az ülésen, melyben a bizottság tagjai eme nevezetes tüneményekről részletes jelentést tettek. Alig hogy véleményüket kinyilvánították, azt javasolta, hogy a francia tudósok Volta iránti elismerésüket arany éremmel fejezzék ki. E kívánság teljesítése a szokásoknak s az akadémiai ügyrendnek nem igen felelt meg, azonban az ügyrend csak a rendes körülményekre vonatkozik, s a páviai tanár ezeken fölül állott, minélfogva az érem egyhangúlag megszavaztatott, s mivel Bonaparte semmit sem tett félig, a tudós utazó kiadásai fődözésére az állami pénztárból 2000

tallérnyi utiköltséget kapott. Ama 60,000 franknyi jutalomdíjnak alapítása, annak számára, ki az elektromosságban és mágnességben oly haladást mutat föl mint Franklin és Volta, nem kevésbé jellemző vonása annak az entuziazmusnak, mely a nagy hadvezért megszállotta. A Napoleonra gyakorolt benyomás állandó volt; a páviai tanárt a lángész típusának tekinté. Nemsokára a becsületlégió- és a vaskorona-rend keresztjét nyerte, s az olasz konzulta tagjává s a lombard királyság grófjává és szenátorává neveztetett ki."

1802-ben Volta az Institut 8 külső tagjainak egyikévé választatott.

Föltűnt, hogy Volta nagy találmánya után semmi dolgozattal nem lépett föl. Ennek okát némelyek abban keresték, hogy a sok gondolkodás annyira megerőltette Volta szellemét, hogy öreg korában tudományos dolgokkal foglalkozni képtelen volt. Mások úgy vélekedtek, hogy Volta, nagy találmánya után, az összehasonlítástól való félelmében, kevésbé jelentős vizsgálatokkal föl-

lépni nem mert, mert azt gondolta, hogy a közönség ezekben tehetségei fogyatkozását látná. Arago szerint mind a két magyarázat fölösleges, mivel két kitűnő értekezése, egyik a jégesőről, a másik pedig a viharok szakaszosságáról s a rájuk következő hidegről, hat, illetve 17 évvel az oszlop feltalálása után jelent meg. Tény, hogy a páviai egyetemtől 15 évi tanárkodás után meg akart válni. "Nem fogadhatom el Volta visszalépését, mondá Napoleon 1804-ben; ha teendői fárasztják, ezeket csökkenteni kell; ha másképp nem megy, tartson évenként egy előadást, mert a páviai egyetem kemény csapást szenvedne azon a napon, melyen megengedném, hogy ily fényes név a tagjai sorából kitörültessék. Különben is, a jó tábornoknak a becsület mezején kell meghalni."

Ez az erélyes biztatás nem volt eredménytelen, mert Volta előadásaival még 15 éven át művelte az ifjúság szellemét.



Volta szellemi irányzatát eléggé jellemzik művei, melyekben mindenütt a szorgalmas bűvárra ismerünk. Volta az igazságot első sorban a tapasztalás bizonyító erejében kereste, semmi olyas dologgal, melynek igazságát kísérleti úton nem ellenőrizhette, a nyilvánosság elé nem lépett. Volta empirista volt, a matematikai spekuláció tőle oly távol maradt, hogy az elektromosság elméleti tanulmányozása tekintetében Coulomb-hoz hasonlítani egyáltalában nem lehet. Ez állítás támogatására hivatkozhatunk Biot tollából eredő következő tudományos jellemzésre:

"Figyelemre méltó, hogy Volta iratai általában véve sohasem tanúskodnak a szellemnek ama filozófiai vonásáról, mely szigorú elméletek föllállítására képesít, holott éles tekintete nagyon messzire és nagyon biztosan vezérelte az oly tények dedukciójában, melyeket kísérleteknek vethetett alá ... A kondenzátor és az elektrofor Voltá-nál csak a kombinációk eredményei valának, s azokat igazi elméletükkel sohasem hozta összhangba; tulajdonságaikat, még pedig egész

életén át, az elektromosság valóban anyagiasság mi-  
benlétének tulajdonította s e nézettől az elméleti  
fizikusoknak, például Coulomb- és Laplace-nak  
beható diskussziói után sem tért el. Szellemének  
egy másik irányzata következtében, mely őt a  
matematikai szigor iránt érzéketlenné tette, so-  
hasem fogta föl, hogy szalmaszál-elektroskópja,  
mely az elektromosság jelenlétének és természe-  
tének pontos kimutatására nagyon alkalmas volt,  
az intenzitásának szabatos mérésére épen nem  
volt alkalmas. Hiába akarta volna valaki a mathe-  
matika előnyeit, sőt mondhatnók szükségességét  
Voltá-val megértetni ... Ezek után kell-e csodál-  
koznunk, ha nyomtatott irataiban sem akarta ama  
módszer (a Coulomb módszerének) helyességét  
elismerni, s hogy azt nem tartotta oly czélszerű-  
nek, mint azt, melyet ő követett, pedig az ő mód-  
szere valójában még sem volt egyéb, mint na-  
gyon is tökéletlen megközelítés. (Meteorologia  
elettrica, lettera seconda, p. 71.) Hogy mily saját-  
ságos módon egyesült benne az absztrakt szigor  
teljes hiánya a kísérleti vizsgálataiban nyilvánuló

ügyességgel, arról tiszta fogalmat szerezhethünk, ha összes műveinek első kötetében közzétett értekezését az elektromos vezetőkről elolvassuk; mert ebben igen helyesen kombinált kísérletek egész sorozata által fölismert a vezetők alakjának befolyását az elektromosság megtartására vagy elszóródására, valamint a kisülések erélyességére, s mindennek daczára a képzelt elektromos atmoszféráról alkotott tapogatódzó ideái miatt szabatos meghatározásokhoz közel sem járt. ... Na-gyon csalódnék, ki azt hinné, hogy midőn a Volta műveiről eme véleményünket nyilvánítottuk, az volt szándékunk, hogy igazán kitűnő tehetségeit kicsinyeljük; bizonyára nem, csak jellemezni akartuk kiváló tehetségét s világosan ki akartuk mutatni, hogy az miben állott; mert ha a tudományok történetét filozofiailag tanulmányozzuk, csakhamar fölismerjük helytelenségét ama felfogásnak, mely ugyanabban az egy férfiúban oly szellemi tulajdonságok eszményi egyesülését tételezi föl, a melyekkel az illető épenséggel nem bírt s a melyeknek össze nem függő együttléte,

ha ez csakugyan meg lett volna, találmányainak többet ártott, mint használt volna."

Biot-nak eme szavai Volta szellemi irányzatát oly találóan jellemzik, hogy fölösleges volna azokhoz még valamit hozzá tennünk. Nem marad egyéb hátra, mint hogy Volta személyéről is megemlékezzünk.

Itt ismét abban a kellemes helyzetben vagyunk, hogy két elsőrangú fizikusnak, kik Voltát személyesen ismerték, véleményét idézhetjük.

Humphry Davy, ki olaszországi tartózkodása alkalmával Voltát Milánóban fölkereste (1814), így nyilatkozik: "Ő. már nagyon előre haladt korú (ekkor 60 éves volt) és gyöngélkedő férfiú volt. Társalgása nem volt valami nagyon megnyerő: nézetei meglehetősen korlátoltak valának, de nagy őszinteségről tanúskodtak. Modora a lehető legegyszerűbb; nem hasonlított sem udvaroncához, sem pedig oly férfiúhoz, ki a világban megfordult. Általában, az olasz tudósok modora, bár nem nélkülözi a kellemet, nagyon egyszerű."

Arago, ki Voltá-t mint akadémikus kollégáját közelebbről ismerte, őt sokkal kedvezőbb színben tünteti föl. "A Volta beszéde, mondja Arago, egyszerű és mesterkéletlen, sőt néha hideg volt, de mindig szerénységet és finom szokásokat árult el, mely tulajdonságok, párosulva kitűnő érde-meivel, az ifjúságot elragadták. Európának valamennyi nagy akadémiaja őt tagjává választotta; azonban a sok kitüntetés Volta lelkületét kevélységre sohasem hangolta. A kicsiny Como kedves tartózkodási helye maradt; Oroszországnak több ízben tett csábító ajánlatai nem bírhatták őt arra, hogy Lombardia derült égét a Néva ködével fölcserélje. Gyors és átható értelem, nagy és találó eszmék, őszinte és megnyerő jellem, ezek valának szembetűnő vonásai."

"Dicsvágy, kincsszomj és irigység nem vezéreltek tetteit. Egyedüli szenvedélye a tudomány szeretete volt..... Volta magas termetű volt; vonásai, mint valamely antik szobornak, egyszerűek és nemesek valának; magas homlokáról, melyen a sok elmélkedés mély barázdákat vont, lelki

nyugalom és éles értelem tükröződött vissza. Magaviseletében mindig fönmaradtak az ifjúkorában fölvelt falusi szokások nyomai. Sokan emlékeznek arra, hogy Volta Párisban naponként elment a pékhez, s a megvett kenyeret az utcán elköltötte, a nélkül, hogy arra gondolt volna, hogy valaki ezen fönakadhatna."

Volta 1794-ben (49 éves korában) nőül vette Peregrini Teréziát. Házasságából három fiú származott, az egyik 18 éves korában halt meg, a másik kettő, Zanino és Luigi, túlélétk őt. 1819-ben a páviai egyetemtől véglegesen visszavonúlt s hátralevő napjait szülővárosában töltötte; a tudományos világgal többé nem érintkezett. Négy évvel visszavonulása után gyönges szélütés érte, melynek azonban súlyosabb következményei nem valának.

Volta 1827 márczius elején lázba esett, mely ugyanazon hónap 5-én életének (82 éves korában) véget vetett.

Como fényes temetést rendezett híres szülöttjének tiszteletére. Volta, kinek családja a Como melletti Camnagoból származott, a camnagói templomban temettetett el.

A különféle folyóiratokban szétszórt műveit Antinori gyűjtötte össze és a következő cím alatt adta ki: Collezione dell' opere del Cav. Conte A. Volta, Firenze, 1716. (3 kötet, 8o.) Kiadatlan művei között vannak: Lezioni di fisica, olasz és latin nyelven; akadémiai beszédek, egy latin költemény fizikai és chemiai tüneményekről s több olasz költemény.





## I. Chladni ifjúsága és tanulmányai. - Hangszerei.

Ernst Florens Friedrich Chladni 1756-ban, Wittembergában született, a hol atyja jogtanár és a választófejedelem udvari tanácsosa volt. Ha nevének szláv hangzása (hladni = éhes) mellett figyelembe vesszük, hogy ősei, a saját kijelentése szerint, Magyarországon bányatisztek és lelkészek valának, föltehető, hogy tót eredetű.

Chladni mint egyetlen fiú, gondos nevelésben részesült, sőt szüleinek túlbuzgalma egyéni szabadságát a legszűkebb határok közé szorította. De ez a korlátozó bánásmód őt el nem kedvetlenítette, sőt az önálló cselekvésre való hajlamait még inkább élesztette. A geografiát és az útleírásokat különös szeretettel olvasgatta, minélfogva már hét éves korában fölébredt benne az utazási kedv, s legtöbb hajlamot érzett oly pályára, melyen lakóhelyét folytonosan változtathatta volna.

Az ifjú Chladni-nak a kereskedői vagy tengerészeti pályára különös kedve volt, s mivel szilár-

dan eltökélte magát, hogy a nagyvilágba megy, filléreit összetakarítgatta, hogy annak idején úti-költsége legyen, továbbá a hollandi nyelvet az atyja könyvtárában talált grammatikából titokban tanulgatta.

Mindazonáltal a szülei iránti engedelmességből gyermekkori terveiről később lemondott. Tizennégy éves korában a grimmai iskolába küldett, hol ismét nagyon szigorú fölügyelet alatt állott. Ezek a jóakarató korlátozások Chladni ifjúságát egészen örömtelenné tették.

Midőn a wittembergai egyetemre ment, legszívesebben az orvosi tudományokat tanulta volna, azonban atyja kívánságának engedve, jogi tanulmányokhoz fogott. Mivel még akkor is korlátozó körülmények között volt, hosszas kérések után végre kieszközölte, hogy a lipcsei egyetemre mehessen. Itt a rég nélkülözött szabadságot teljes mértékben élvezhette, de azért avval vissza nem élt, s miután a cenzurát kitűnő sikerrel kiállotta, két eredeti értekezés alapján jogtudorrrá promo-

veáltatott. Ezután visszatért szülővárosába, hogy itt jogi praxissal foglalkozzék.

Atyja halála után érkezettnek látta az időt, hogy a jogi pályáról, melyre csak szülei akarata terelte, lelépjen s hogy magát kizárólag a természettudományok művelésére szánja.

Eme lépésének főokául Chladni azt hozza föl, hogy különös vágya volt a természettudományokat új tényekkel gyarapítani, különösen pedig, hogy valamely új találmány-, vagy a dolgok közönséges rendjétől eltérő vállalattal nevét híressé tegye. Ez a hiúság sarkalta őt a fáradságos vizsgálatokra s ennek köszönhette, hogy a nyomasztó körülmények súlya alatt el nem csüggedt. Kezdetben különféle felolvasásokat tartott a fizikai és matematikai geografiából s a geometriából s hallgatóival botanikai kirándulásokat tett, reményelve, hogy ily módon valamely természettudományi tanszéket fog elnyerni.

Chladni csak 19 éves korában kezdett zongorázni tanulni. Ezután akusztikai tárgyú különféle

műveket olvasván, azt tapasztalta, hogy a fizikának emez ágában aránylag még a legtöbb tenni való van. E hiány fölismerése terelte őt arra az útra, melyen nevének elévülhetetlen dicsőséget vala szerzendő.

A könyvekben leírt s elméleti úton levezetett eredményeket kísérleti vizsgálatoknak vetette alá. Ekkor azt tapasztalta, hogy a rezgő húrok törvényein a rezgő pálczáknak Bernoulli Dániel és Euler levezette törvényein kívül az elmélet nem felelt meg a kísérleti tényeknek. Ez az utókísérletezés volt az első indító oka Chladni önálló vizsgálatainak; először is a pálczák longitudinális rezgéseit s a szilárd lapok rezgéseit tanulmányozta.

Míg Chladni e fajta vizsgálatokkal foglalkozott, anyagi körülményei nagyon rosszra fordultak. Öröklött vagyona vagy pedig állandó fizetése nem volt, s hogy nyilvános előadásokkal pénzt keressen, erre Wittemberga nagyon alkalmatlan

városka volt. Csak mostoha anyja részesíté segélyben.

Chladni már elhatározta, hogy szülővárosát odahagyja s a tudományos működésre alkalmasabb más városba megy, azonban mostoha anyja megbetegedvén, iránta hálátlan lenni nem akart s mellette maradt. De a mindinkább súlyosodó anyagi terhek miatt most már komolyabban kellett jövőjéről gondoskodnia. Terveit a következőképen adja elő:

"Az a gondolatom támadt, hogy egy művész, ki csak némileg is föltünést tud kelteni, nincs annyira egy meghatározott helyhez kötve s több alkalmat talál, hogy mindenütt előnyökben és kedvező fogadtatásban részesüljön, mint valamely tudós, ki az akadémiai életre szánta magát, s reményyletem, hogy bár nem a virtuóztatás által - mert későn fogtam a zenéhez, - de legalább egy új hangszer feltalálásával ... a mondottam előnyökben részesülhetni fogok. Ennélfogva szilár-

dan elhatároztam, hogy egy új hangszert föl kell találnom."

Chladni ez elhatározásához szigorúan ragaszkodott. Különféle tervek merültek föl előtte, de ezeket csakhamar elvetette; végre arra a gondolatra jött, vajjon nem lehetne-e a nedves ujjakkal dörzsölt üvegpálczák rezgéseit egy új hangszerben értékesíteni, s idejének nagy részét az ide vágó kísérletekkel töltötte. Hogy mennyire óhajtá az új hangszert létrehozni, ez kitűnik saját vallo-másából, mely szerint már álmában látta, hogy miként játszanak az új hangszeren, sőt hangját is olyannak hallotta, a milyen ez valóban volt, midőn a hangszert 1790-ben tényleg elkészítette.

Chladni a megvalósult hangszert euphon-nak nevezte, s később még számos javításnak vetette alá.

Az új hangszerrel különféle városokba utazott s azt nyilvánosan bemutatta. Utazása rá nézve igen fontos volt, mivel nemcsak hogy alkalma volt több kitűnő személyiséggel megismerked-

nie, hanem a nagyobb városokban levő akusztikai munkákat is tanulmányozhatta, mi által irodalmi ismeretei nagy mértékben gyarapodtak. Azonban utazásai közben önálló vizsgálatokat is tett s mindig azon volt, hogy újabb hangszereket találjon föl; főtörekvése oda irányult, hogy olyan billentyűs hangszert állítson össze, melylyel a hangokat tetszés szerint nyújthassa és a billentyűk erősebb vagy gyengébb nyomása által a hang erősségét fokozhassa vagy csökkenthesse. A zongorák e tulajdonságok egyikével sem bírtak s az orgonáknál is a hangokat csak nyújtani lehetett; Chladni a billentyűs hangszerek eme hiányait akarta megszüntetni.

Mivel e feladat megoldása a már meglevő hangszereken másoknak is sikerült, Chladni a mondtuk előnyöket új hangszeren akarta megvalósítani. Egy ízben Revalból Flensburgba menvén, a tengeri utazás unalmait elüzendő, az új hangszer mechanizmusa fölött addig gondolkodott, míg azt feltalálta. A hangszer 1800. január havában készült el s Chladni azt clavicylindernek

nevezte, mivel a klaviatura és egy forgó üveg-henger az eszköz lényeges alkotórészei valának. De a hangszer még oly tökéletlen volt, hogy Chladni a nyilvánosság előtt nem léphetett föl vele.

Miután eufonjával Németország nagy részét beutazta s a külföldön Szentpétervárig és Koppenhágáig ment, rövid ideig Berlinben telepedett meg s itt akusztikai előadásokat tartott. Innen szülővárosába ment, hol is huzamosabb ideig tartózkodott, mivel Akusztiká-jának kidolgozásával s a clavicylinder javításával volt elfoglalva.

Utazásait valami fényes eredmény nem kísérte ugyan, de mivel mégis több hasznót hajtottak, mint a mennyi kiadással jártak, az eredménynyel meg volt elégedve. Chladni mindenütt szerény igényekkel lépett föl; ő maga mondja, hogy sokkal több előnyben részesülhetett volna, ha némely zeneművész nagyhangú és tolakodó modorával lépett volna föl.

II. A fizikai akusztika fejlődése a XVIII. században.



Midőn Chladni az akusztikai vizsgálatok terére lépett, az akusztika egyes kiváló matematikusok elméleti s egyes fizikusok kísérleti kutatása következében a tények jelentős csoportjával rendelkezett. Az elméleti vizsgálatok főcélja az volt, hogy az ismert eredményeket matematikailag feldolgozzák, s épen ez oknál fogva, mindamellettt hogy a század legjelesebb matematikusai foglalkoztak velük, a fizikai akusztikát új tényekkel nem igen gyarapították.

A fizikának egyik ága sem áll valamely művészettel oly törvényszerű rokonságban, mint az akusztika a zenével. Innét van, hogy egyes gondolkodó zenészek, kik a fizikától máskülönben távol maradtak, az akusztikát kísérleti fölfedezésekkel gazdagították, s bár elméleti okadatolásaik a tényeknek csak nagy ritkán feleltek meg, az az érdem mégis megilleti őket, hogy helyesebb elméletek útját egyengették; eredményeik észszerűsítése a fizikusok számára volt fentartva. Tudomány és művészet sehol sem tettek jobb szolgálatokat egymásnak, mint az akusztikában.

Taylor levezette a húrok egyszerű rezgéseinek törvényeit. Evvel s a rezgő húrok alakjára vonatkozó vizsgálatokkal a húrok elmélete befejeztett volna, ha új kísérleti tények a kutatások körét ki nem bővítik.

Az első ide tartozó fölfedezések a húrok összetett rezgései s az úgynevezett flageoletthangok valának. A feltalálás dicsősége itt három férfiú között oszlik meg: a francia Sauveur, és az angol William Noble és Thomas Pigot egymástól függetlenül azt találták, hogy valamely húr nemcsak egész hosszában rezeghet, hanem több egyenlő részre oszolva, e részek ellenkező irányú, de máskülönben önálló rezgéseket tehetnek, sőt kimutatták, hogy rendszerint az az eset áll, hogy a húrnak egész hosszúsága szerinti rezgései a részeinek rezgéseivel tevődnek össze.

Noble és Pigot különféle magasságra hangolt húrok egyiket megszólaltatván, azt vették észre, hogy a mélyebbre hangolt húrok némelyike mint-

egy önmagától megszólal s ugyanazt a hangot adja, mint a magasabbra hangolt húr.

Mivel a mélyebb húr kisebb feszültsége miatt egész hosszúságában rezegve ugyanazt a hangot nem adhatta, Noble és Pigot azt következtették, hogy a mélyebb húr részekre oszolva rezeg; a húrra nézve tett papírszeletkéek e következtetést szemlátomást igazolták.

Sauveur a monochord húrját megpöngetvén, a rezgő húr a közepén, harmadán, negyedén.... lágyan érintette. Ekkor az alaphang mellett az ok-távot, a következő skála quintjét, a következő ok-távot ... hallotta.

Mindamellett hogy Sauveur a Noble és Pigot módszere szerint is, azaz együtthangzással is előállította a harmonikus hangokat, a feltalálás dicsőségéről az utóbbiak javára lemondott. Különben a harmonikus hangokat már Mersenne is ismerte, s a Marino által feltalált tengeri trombita (monochordféle húros hangszer) és a Kircher aeol-hárfája szintén a harmonikus hangokon ala-

pultak, azonban a tünemény törvényszerű föl-  
ismeréséről még szó sem volt.

A harmonikus hangok feltalálása, a mellett  
hogy a tünemények bizonyos csoportjára fényt  
derített, egyszersmind zavart felfogásokra is  
adott alkalmat. Így például sokan azt hitték, hogy  
a harmonikus hangok az egyedüli okai bizonyos  
hangok asszonanciájának és disszonanciájá-  
nak; hogy egyedül azok okozzák a zörejt és a ze-  
nei hangok közötti különbséget; némelyek ott is  
keresték e hangokat, a hol nincsenek. Így például  
de la Hire tagadta, hogy a hang a hangzó testnek,  
mint egésznek rezgései által keletkezik, s a hang-  
zás okát a részek rezgéseinek tulajdonította. de la  
Hire (s utána többen) e nézetet arra a tapasztalati  
tényre alapította, hogy ha valamely csíptetőnek  
két ágát összeszorítjuk s aztán ismét szétereszt-  
jük, a csíptető rezeg ugyan, de hangot még sem  
ad, holott ha egyszerűen ráütünk, azonnal hal-  
lunk hangot.

A harmonikus hangok után egy elméleti s gyakorlati szempontból egyaránt fontos másik találmány a hanglebegés (Schwebungen, battements) vonja magára figyelmünket.

Az orgona-építők már a XVII. század végén tapasztalták, hogy ha két mélyhangú, de hangjuk magasságában kevésbé különböző orgonasíp egyszerre megszólal, a hangnak periodusos megerősödését (ütéseket) lehet hallani. Sauveur, a mint e tüneménynyel megismerkedett, azonnal hozzáfogott a kísérletekhez és sikerült is neki a dolog mibenlétét földeríteni.

Sauveur két sípot, melyek hosszúsága 48 illetve 50 hüvelyk vala, egyidejűleg szólaltatott meg. Míg az első síp 25 rezgést végzett, addig a második csak 24-et végzett. Sauveur már most azt állította, hogy az első sípnak minden 25 rezgése után a rezgések találkoznak, azaz összeesnek, tehát a hang erősödik. Evvel a különböző magasságú hangok interferenciája fel volt találva.

Sauveur még tovább is ment. Éles elméje a tüneményt alkalmasnak találta a relatív rezgési számok meghatározására. E meghatározás lehetőségét könnyű belátni. Tegyük föl, hogy valamely hang, mely egy másodperczen 32 rezgést végez, egy kevéssel magasabb másik hanggal egyidejűleg jó létre s egy másodperczen 4 erősödés (lebegés) keletkezik. Nyilvánvaló, hogy míg az első hang 8, addig a másik 9 rezgést végez, az utóbbinak rezgési száma tehát 36 lesz.

Sauveur továbbá azon volt, hogy az abszolút rezgési számot is meghatározza. E végből két (körülbelül 5 láb hosszú) sípot vett s az egyiknek hosszúságát toló segítségével úgy változtatta, hogy a két síp hosszúsága úgy állott egymáshoz, mint 99 a 100-hoz; ekkor minden másodperczen egy erősödés jött létre.

Ennélfogva az egyik síp rezgési hangjának abszolút rezgési számát 100-nak s a hangot alaphangnak vette, s ehhez viszonyította a többi hang magasságát. Sauveur eljárása nem volt valami

exakt, minélfogva a fizikusok körében tetszésre nem talált. Taylor képlete az abszolút hangmagasság meghatározására sokkal alkalmasabb, minthogy a benne előforduló mennyiségek sokkal pontosabban mérhetők, különben e képletet a mondtuk célra csak Euler használta föl.

Sauveur módszerét a zenei hangok hallhatósága határainak kitűzésére is felhasználta. Szerinte a még hallható legmélyebb hang egy 40 láb hosszú sípé volt, s ez másodpercenként 12  $\frac{1}{2}$  rezgést végzett; a felső határt pedig 6400 rezgésre tette, mely hang egy 15/16 hüvelyknyi sípnek felelt meg. E határok ép úgy eltérnek az idevágó újabb vizsgálatok eredményeitől, mint az Euler kitűzte határok. Euler eleintén 30 és 7520, később pedig 20 és 4000 rezgés közé sorozta a hallható hangokat.

Még egy oly találmányról kell szólanunk, mely a jelen században is beható vizsgálatokra adott alkalmat.

Georg Andreas Sorge, lobensteini orgonista (1703-1778) 1744-ben azt a nevezetes észleletet tette, hogy a harmonikus felhangok mellett mélyebb hangokat is lehet hallani, ha bizonyos intervallum szerint hangolt két síp egyidejűleg megszólal. E hangokat (megkülönböztetésül a Sauveur harmonikus felhangjaitól) harmonikus mély hangoknak (kombinációs hangok) nevezték. Sorge eme hangokról az *Anweisung zur Stimmung der Orgelwerke und des Klaviers*, Hamburg, 1744. című művében értekezett, de műve föltünést nem keltett.

Tíz évvel később Giuseppe Tartini híres olasz hegedűművész Sorge-től függetlenül ugyanezeket a hangokat találta föl s találmányát a *Trattato di musica secondo la vera scienza dell'armonia*, Padova, 1754. című művében publikálta; különben azt állította, hogy a kombinációs hangokat már 1714-ben Anconában ismerte föl. Az utókor Tartini iránt elismerőbb volt, mint Sorge iránt, mert e hangokat Tartini-féléknek is nevezte.



Miben állanak a harmonikus mélyhangok? Ha két különböző magasságú erős hang (Helmholtz szerint a legczélszerűbben két sziréna hangja) egyidejűleg keletkezik, olyan mély hangot hallunk, melynek rezgés-száma az eredeti hangok rezgés-számainak különbségével egyenlő, minél fogva Helmholtz e hangokat különbségi hangoknak is nevezte. Azok után, miket a Sauveur találmányáról, a hanglebegésekről mondtunk, könnyű kitalálni, hogy itt is a hang-interferencia tüneményével van dolgunk. De ez a körülmény sokáig elkerülte a fizikusok figyelmét, míg végre Lagrange 1759-ben kimutatta, hogy e hangok is a rezgések találkozásából erednek; a Sauveur hanglebegései és a kombinációs hangok között csak az a különbség van, hogy míg az előbbieknél az egyes erősödések, mivel az eredeti hangok rezgés-számai csak igen kevéssel különböznek, oly nagy időközökben következnek egymásra, hogy a fül azokat egyenként megkülönböztetheti, addig a kombinációs hangoknál, mivel az eredeti két hang intervalluma sokkal nagyobb, az

egyes erősödések oly gyorsan következnek egymásra, hogy zenei hanggá olvadnak össze.

Ez az elmélet újabb időkben kritika alá vettetvén, sok tekintetben megingattatott. A kombinációs hangokat, mint ezt a kísérletek bizonyítják, csak akkor lehet hallani, ha az eredeti hangok erősek. Már pedig a rezgések összetételének törvényei szerint a rezgés-táglat megkettőzésével a rezgés intenzitása négyszer akkorává válik, tehát a kombinációs hangokat gyöngye eredeti hangok mellett is tisztán kellene hallani. Helmholtz a dolgot közelebbről megvizsgálván, azt találta, hogy az erősebb rezgések másodrendű hullámokat idéznek elő, mely hullámokat fülünk szintén mint kombinációs hangokat veszi észre, s hogy nem csupán az eredeti hangok különbsége, hanem összege is hozhat létre kombinációs hangokat.

### III. Chladni akusztikája.

Chladni vizsgálatai a XVIII-ik századbeli megelőző vizsgálatokhoz szorosan csatlakoznak s két csoportra oszthatók.

Az első csoportba tartoznak azok, melyekkel már ismert tényeket közelebbi vizsgálat alá vett, s evvel azokra új fényt derített, vagy pedig analog tünemények tanulmányozásával az akusztikát tartalmilag bővítette.

A második csoportba az eredeti vizsgálatai tartoznak. Ezek ismertetésében a már idéztük Akusztiká-jából fogunk kiindulni; e műben összegyűjtve találjuk mindazt, mit a folyóiratokban s önálló kisebb művekben tett közzé; e mű e mellett még új vizsgálatokat is tartalmaz.

Chladni munkája az első rendszeres akusztika, mely nemcsak úgy, mint a régibb munkák, a hurok és légoszlopok rezgéseit tárgyalja, hanem felöleli valamennyi testnek rezgéseit.

Chladni Akusztiká-ját négy szakaszra osztja. Az első szakasz magában foglalja az általános akusztikát, mely a rezgő mozgások időviszonyait

a rezgő testek tulajdonságaira és alakváltozásaira való tekintet nélkül tárgyalja; ezt a szakaszt arithmetikai résznek is nevezi. A második szakasz valamennyi rugalmas test rezgéseinek törvényeiről, a harmadik pedig a hang terjedéséről szól; a második és harmadik szakasz képviseli a mechanikai akusztikát. A negyedik szakasz a hallószervet s a hangérzeteket tárgyalja; ez az akusztikának fiziológiai része.

E beosztásból látni, hogy Chladni az akusztikát rendszeres tudományná tette. Ő előtte a hangokat az aërodinamikában tárgyalták, mivel legtöbbször abból a téves felfogásból indultak ki, hogy a hang csupán a levegő rezgéseiből áll; pedig a levegő, bár maga is idézhet elő hangokat, legtöbb esetben csak a vezető médium szerepét játszsza. Az akusztika arithmetikai részét pedig vagy a felhangok, vagy pedig a mély kombinációs hangok elméletére alapították. Chladni már munkája bevezetésében is elítéli azt a felfogást, mely szerint a magas harmonikus hangok okozzák a zenei hang és a zörej közötti különbséget,

és hogy a konzonancia vagy disszonancia okai bizonyos kísérő hangok jelenlétének vagy hiányának tulajdonítandók. A mű becsét nagy mértékben emelik az egyes fejezetekhez csatolt történelmi-kritikai megjegyzések, melyek az akusztikai tanok fejlődésére sok fényt vetnek.

IV. A pálczák transverzális és longitudinális rezgései; a hangmagasság mérése.

- Lapok rezgései. - Forgó rezgések.

Az akusztikai vizsgálatok első tárgya a húrok rezgései valának, mit a húrok ősrégi alkalmazása a hangszerekre érthetővé tesz. A rezgő pálczák elmélete már az újabb idők szüleménye.

A pálczák transverzális rezgéseit először Bernoulli Dániel, utána pedig Euler vizsgálták meg; a két végükön szabad pálczák elméletét Giordano Riccati fejtette ki. Chladni első vizsgálatai abból állottak, hogy a Bernoulli és Euler elmélet eredményeit kísérleti próbaköre tette.

Az ugyanazon anyagú pálczáknál a transverzális rezgések száma (a csomópontok egyenlő száma mellett) arányos a pálcza vastagságával (független a szélességtől) s fordított viszonyban van hosszúságának négyzetével. Chladni e törvénynek utóbbi részét felhasználta a rezgés-számok meghatározására.

Hogy miképpen realizálta az elvet, kitűnik következő szavaiból: "Egyszerű és könnyű módszer ajánlok, a melylyel a rezgések abszolút számai szemléltetést meghatározhatók s a melyet tudtommal még senki sem említett vagy használt föl. E módszer abban áll, hogy egy mindenütt egyenlő vastagságú és egyszerű szerkezetű testet oly hosszúnak veszünk, hogy rezgéseit (melyek azonban ekkor még nem hallhatók) kényelmesen megolvasni s egy másodperc-zingá lengéseivel összehasonlítani lehessen; ezután annyira kurtítjuk meg, hogy a megvizsgálandó hanggal összehangozzék, mire a hosszúságot, melynél ezt a hangot adja, avval a hosszúsággal, melynél az

egy másodperczen tett lengéseket megolvastuk, összehasonlítjuk."

Ezután előadja, hogy a mondott célra eleintén húrokat akart használni, azonban a húr körszerű mozgásai és aliquot részeinek rezgései miatt a főrezgések nem valának pontosan észlelhetők. "Egy keskeny s nem nagyon vastag, de elegendő hosszú pálcza, vasból, sárgarézben, vagy eléggé rugalmas más anyagból, az említettem célra a legalkalmasabb. A parallelpipédes pálczák, melyeket használtam, 2 rőf hosszúak és 1/2 hüv. szélesek s majdnem 1 vonal vastagok valának. A pálcza szélességének a vastagságát jóval fölül kell mulnia, mert ezzel az oldalmozgásokat vagy körmozgásokat, melyek az észleletet megnehezíténék, el lehet kerülni.... Ha mármost tudni akarjuk, hogy valamely adott hang egy másodperczben hány rezgést végez, a pálczát szilárdan álló sutóba úgy szorítjuk, hogy kiálló része elég rövid legyen arra, hogy ugyanazt a hangot adja. Erre a rezgési számokat a rövidebb rész (mely a hangot adta) és a hosszabb rész (melynek rezgéseit meg-

olvastuk) hosszúságainak összehasonlításával meghatározzuk.... A dolgot még inkább megkönnyíthetjük, s az ilyen pálczát valamennyi hang rezgés-számának mérésére használhatjuk, ha a pálczát már előre kellőképen beosztjuk."

Chladni a kísérlethez olyan pálczát ajánl, melynek a sutóból kiálló része másodpercenként négy rezgést tesz; "ha ezt a rezgő részt új beosztással felényire rövidítjük, akkor ez a félakora rész másodpercenként 16 rezgést fog végezni, mely rezgéseket azonban sem megolvasni, sem hallani nem lehet, mert sokkal gyorsabbak, sem hogy azokat látni, és sokkal lassúbbak, sem hogy azokat hallani lehetne. Ha most a pálczát újra beszorítjuk úgy, hogy az előbbeni résznek csak a fele álljon ki, akkor másodpercenként 64 rezgést fog tenni, s ekkor már mély hangot kezdünk hallani, mely hang a kontra c-vel megegyezik." A rezgő rész folytatólagos megkurtítása által beosztott pálczát Chladni sonométernek nevezi s megjegyzi, hogy a pálczával egyéb hangok magasságát is meg lehet határozni, ha azt úgy



hangoztatjuk, hogy ne mint egész rezegjen, hanem csomópontok által rezgő részekre oszolja.

Chladni módszere, bár a Sauveur-ét minden tekintetben jóval fölülmúlta, még korántsem volt olyan szabatos, hogy teljesen megbízható eredményeket adhatott volna. A fizikusok a feladat legbiztosabb megoldását a rezgési számok direkt mérésétől várták. Cagniard de Latour szirénája (1809) és Savart fogas kereke a feladatot ebben az irányban teljesen megfejtették.

Chladni megfigyelte a rezgések összetételét; az idevágó különféle kísérletei Wheatstone-t a kaleidofon feltalálására vezették. Még fontosabbak voltak a két végükön szabad pálczákkal végrehajtott kísérletei, mivel ezek őt a hangvilla elemzésére vezették.

Chladni szerint a hangvilla úgy rezeg, mint a két végén szabad pálcza. Képzeljük, hogy egy ilyen egyenes pálcza két csomóponttal rezeg, s hajlítsuk meg a közepén. Ekkor a két csomópont egymáshoz közeledik, még pedig annál inkább,

minél jobban görbítettük meg a pálczát; a pálcza végre hangvillává válik, mely ha az alaphangot adja, közel a nyele mellett levő két csomóponttal rezeg; három, vagy általában páratlan számú csomóponttal soha sem rezeghet. Chladni továbbá megvizsgálta, hogy mily viszonyban változnak a rezgés-számok a csomópontok növekedésével, s azt találta, hogy a villa alap-hangja úgy viszonylik az első felhanghoz (midőn a villa 4 csomóponttal rezeg), mint 22 az 52-hez. Az első felhangtól fölfelé a magasabb felhangok rezgés-számai pedig úgy vannak egymáshoz, mint a páratlan számok négyzetei.

Chladni tanulmányozta először a lapok rezgéseit is. Már akusztikai tanulmányainak elején föltűnt neki, hogy az általa forgatott iratok csak a húrokat és a rezgő légoszlopokat tárgyalják, más testek rezgéseiről pedig egészen hallgatnak. Említettük, hogy mily élénken vágyódott a természet tudományokat új tényekkel gazdagítani: a különböző szilárd testek rezgéseinek tanulmányozása bő anyagot nyújtott eme vágya kielégítésére.

Először is azt tapasztalta, hogy az üveg- és a fémlapok különböző hangokat adnak, ha azok különböző pontokban tartva, üttetnek meg. Hogy e különféleség okát megvizsgálja, egy köszörülő géphez való korongnak közepén levő nyelét sutóba szorította s ezután a korongot hegedűvonóval megrezdítette. Az ily módon keletkezett hangok sokkal erősebbek és tartósabbak valának, mint a pusztá megütés következtében keletkezettek. Chladni ez időtájban sokat foglalkozott a Lichtenberg-féle elektromos figurákkal, tehát közelfekvő volt az a gondolata, hogy a rezgő lapra szórt homok talán elárulná a lapnak mozgó állapotát. A kísérletek megfelelték várakozásainak; a lapnak azon a részein, melyek nem rezegtek, azaz a csomóvonalokon a lapnak rezgő részei által ellökött homok összegyűlt s szabályszerű homokfigurák keletkeztek. Első kísérleténél csillagalakú figurákat kapott. Ezután egyik észlelet a másikat érte; megvizsgálta a különböző figurákat, melyek négyszögű, háromszögű, ellipszises stb. lapokon keletkeznek, s meghatározta a keletkezett hangok

rezgés-számainak viszonyait. Hogy mily buzgalommal művelte az akusztikának ezt az ágát, arról már előzetes fogalmat nyújtanak az Akusztiká-jához mellékelte táblák, melyeken a többi között mintegy 260 hangfigura van lerajzolva.

Chladni azonnal fölismerte, hogy a harangok oly viszonyban vannak a rezgő sík lapokhoz, mint a hangvillák az egyenes pálczákhöz. Valamely harang is páros számú rezgő részre oszthat, a csomóvonalak a harang füléhez futnak össze. Chladni, hogy a harang rezgés-állapotát előtüntesse, vizet öntött bele s a vízre korpafümagot szórt. A vonóval megrezdített harangban a víz több rezgő részre oszlik, a fölületén keletkező porfigurák alakja szorosan összefügg a harang rezgő részeinek számával.

A húrok és pálczák longitudinális rezgéseinek feltalálása Chladni-nak egy másik kiváló érdeme; e találmány nyújtott módot a hangsebesség mérésére a szilárd testekben. Először a húrok longitudinális rezgéseit találta föl s azokat 1787-ben a

Neue Entdeckungen über die Theorie des Klanges című iratában, 1792-ben pedig a Berliner Musik. Monatsschrift című folyóiratban ismertette. A pálczák és húrok longitudinális rezgéseiről az Ueber die Longitudinal-Schwingungen der Saiten und Stäbe, Erfurt, 1796, című iratában értekezett. Különben Giordano Riccati volt az első, ki a húrok longitudinális rezgéseit, azaz egy ezekhez hasonló tüneményt észlelt; Riccati egy húrra súlyt függesztett s e súly fölemelése által az egyensúlyt megzavarván, a húr föl váltva összehúzódott és kitágult, minélfogva a súly is lefelé lengett.

A húrok longitudinális rezgéseit Chladni úgy hozta létre, hogy a húrt hegedű-vonóval igen hegyes szög alatt hosszirányban megvonta, vagy pedig a húrt meggyantázta s ezután posztóval vagy az ujjaival hosszirányban dörzsölte. Chladni azt találta, hogy a hullámok a húr két alátámasztó pontjában torlódnak; a rezgés második módjánál a húr két egyenlő részre oszlik s a hullámok a közepén keletkező csomópontban tor-

lódnak, úgy hogy a két rész mozgása egyidejűleg a csomópont felé tart vagy ettől távozik; a rezgés harmadik módjánál a húr három részre oszlik és így tovább. E különböző rezgés-módoknál a hangok magasságai úgy viszonylanak, mint a természetes számok, tehát ugyanaz a törvény áll, mint a transverzális rezgéseknél, de a különböző húroknál a hang magassága már más törvényekhez alkalmazkodik; a hang magassága itt is fordított viszonyban van ugyan a húr hosszúságával, de nem függ vastagságától és feszültségétől, holott az anyagi minőségnek igen nagy befolyása van.

A pálczák longitudinális rezgéseit hasonló módon hozta létre, mint a húrokét, s azt találta, hogy a rezgések teljesen megfelelnek a légoszlopok rezgéseinek. A csomópontokban a legnagyobb sűrítés a legnagyobb ritkulással változik, ellenben a csomópontok között a részecskék sebessége változik. A pálcza longitudinális rezgéseinél három különféle eset fordulhat elő; először, a pálcza egészen szabadon áll; másodszor, csak az egyik végén van megtámasztva; harmadszor,

mind a két végén meg van támasztva. Az első esetben a pálcza úgy rezeg, mint a levegő valamely nyílt csőben; a második esetben mint a levegő a fedett sípokban; a harmadik esetben, mint a levegő egy teljesen zárt csőben, ha ugyan lehetséges volna az ilyes rezgéseket kellőképen előidézni. Ugyanazon anyagú pálczák egynemű rezgéseinél a hang magassága fordított viszonyban van a pálczák hosszúságával, különben pedig a pálcza anyagi minőségétől függ, de merőben független a vastagságtól, tehát a rezgéseknek nemcsak módjai, hanem törvényei is azonosak a légoszlopok törvényeivel.

Ha nem kellene attól tartanunk, hogy nagyon is a részletekbe bocsátkozunk, közölhetnők még Chladni-nak azt a tabelláját, melyben a pálczák tranzverzális és longitudinális tulajdonságait egymás mellé állítja. E tábla világosan mutatja, hogy Chladni mily világosan látta át a rokon tünemények elméleti összefüggését.

A forgó rezgések egy másik neme azoknak a rezgéseknek, melyeket Chladni talált föl.

Chladni hengeres pálczákat posztóval vagy az ujjaival úgy dörzsölt, mintha azokat elcsavarni akarta volna. A rezgés-mó dozatok külső körülményei itt is ugyanazok lehetnek, mint a longitudinális rezgéseknél s a hangmagasság törvényei is megegyeznek a longitudinális rezgések törvényeivel, csakhogy a megfelelő forgó rezgéseknél a hang egy quinttel mélyebb.

V. A hang sebessége és visszaverődése. - Halócsövek. - Meteorok és üstökösök.

A különböző kísérletek, melyek a hang terjedés-sebességének meghatározására tétettek, az időmérő eszközök tökéletlensége miatt megegyező eredményekre nem vezettek. Gassendi, Merenne, a flórenczi akademikusok, Huyghens, Picard, Flamstead, Halley és más kiváló bűvárok egyaránt iparkodtak a feladatot kísérleti úton megoldani, de biztos eredményekre csak a jelen század kísérletei vezettek. Bár a múlt század a



direkt mérésekben jelentékeny haladást nem tanúsított is, a mérések indirekt módszereinek megállapítása által az akusztikának emez ága jelentős tényekkel gazdagodott.

A különböző új gázok fölfedezése Priestley-t, kit e tekintetben a legnagyobb érdem illet, arra készítette, hogy a gázok egyéb tulajdonságain kívül az akusztikaiakat is megvizsgálja. Főtörekvése az volt, hogy meghatározza a hang terjedésének erősségét a különféle gázokban. Azt találta, hogy ez az erősség független a gázok kémiai tulajdonságaitól, s csakis sűrűségüktől függ. Kísérleteiben kalapáccsal üthető csengetyűt különböző gázokkal megtöltött üvegharangok alá helyezett, s megmérte a távolságokat, melyekben a hang még észrevehető volt. Az oxigénben a hang valamivel erősebb volt mint a levegőben, azonban a hidrogénben majdnem oly gyöngye volt, mint a légüres térben. Perolle hasonló módon végrehajtott kísérletei a Priestley-éitől eltérő eredményeket adtak.

A hangsebességnek a különböző gázokban való megmérésének eszméje Bernoulli Dániel-t és Chladni-t arra a gondolatra vezette, hogy a mérésre orgonasípot lehetne használni. Az elmélet szerint a hang sebessége fordított viszonyban van a gáz sűrűségének négyzetgyökével; ha tehát valamely sípot bizonyos gázzal megtöltünk s ugyanevvel a gázzal körül övezzük és megszólaltatjuk, a síp hangja egészen más lesz, mint a milyen akkor volt, midőn a levegőben szólaltattuk meg. Ugyanis egy rezgés ideje úgy viszonylik az időegységhez, mint az ezen idők alatt befutott utak, vagyis mint a hullámhossz viszonylik a hang terjedés-sebességéhez; mivel pedig a síp hosszúsága a hullámhosszal állandó és egyszerű összefüggésben van, a rezgés idejének a hang sebességével változnia kell. Ha mármost például a zárt síp az alaphangot adja, akkor a hullámhossz négyszer akkora mint a síp hosszúsága, melyet pontosan mérhetünk, s ha még az alaphang rezgés-idejét (vagy a mi egyre megy, a rezgés-szá-

mot) is megmérjük, a főntebbi arányból a hang sebessége kiszámítható.

Ez az az elv, melyre Chladni méréseit alapította. Eljárása a következő volt: Felül csappal elzárható üvegharang belsejébe czinnből készült sípot (szájával lefelé) erősített, a harang nyakát jól ki nyomott hólyaggal összekötötte s ezután a harangot víz alá merítette. Midőn a harang és a síp vízzel már egészen megtelt, a hólyagot az illető gázzal megtöltötte s a harang nyakán levő csapot megnyitván, a harangot a vízből annyira emelte ki, hogy a síp szája a vízből kiért. Hogy most a síp megszólaljon, csak a hólyagot kellett gyengén összenyomni; a hangmagasság biztosabb megítélése végett a kapott hangokat két húr hangjával hasonlította össze.

A nagy gonddal végrehajtott kísérletek eredményei a következők valának:

## A hang sebessége

levegőben	1038	pár.	láb
oxigénben	950	"	"
nitrogénben	990	"	"
hidrogénben	2100	"	"
szénsavban	840	"	"

Chladni kiszámította a sebességet Newton formulája szerint is, s mivel azt találta, hogy az elméleti sebességek a kísérletiektől jelentősen eltérnek, úgy vélekedett, hogy a sebesség nemcsak az illető gázok rugalmasságától, hanem még kémiai összetételétől is függ!

Abból a tényből kiindulva, hogy a pálczák longitudinális rezgéseinek törvényei megegyeznek a sípok törvényeivel, a pálczák hangmagasságából meghatározta a hang sebességét a különféle szilárd testekben. A sebességet a levegőben egysé-  
gül véve, azt találta, hogy:

## A hang sebessége

czinnben  $7 \frac{1}{2}$

ezüstben 9

rézben 12

különböző fanemekben 11-17

E tárgy történetére vonatkozólag még megjegyezhetjük, hogy Francis Baco tagadta, hogy a hang szilárd testekben is terjedhet, vagy inkább föltette, hogy a hang a szilárd testekben valamely hipothézises fluidumon át terjed! Hooke mondta ki először (Micrographiá-jában), hogy a fémek a hangot sokkal jobban vezetik, mint a levegő; kísérleteinél hosszú drótokat használt. Hooke közleményéből aztán sokan azt a helytelen következtetést vonták, hogy a hang a levegőben instanti, vagy legalább is oly sebesen terjed, mint a fény. Ennek s az ehhez hasonló nézeteknek Chladni tényleges (ha nem is pontos) eredményei egyszerre véget vetettek.

Chladni megvizsgálta a véletlenül feltalált zengő lángokat is. Ha a hidrogént fejlesztő palaczk csövén kiáramló gázt meggyújtjuk és a láng fölé csövet tartunk, úgy, hogy a láng a csőbe nyúlják, akkor, mint tudva van, erős hang keletkezik. Chladni kimutatta, hogy ez a hang is alkalmazkodik a fúvó hangszerek törvényeihez, s hogy ugyanazt a hangot más befúvás által is elő lehet idézni.

Hogy a hang a vízben vagy általában a folyadékokban is terjed, ezt a legbiztosabban abból következtették, hogy a halak, rákok, s a vízben élő más állatok hallószervekkel bírnak.

Hawksbee, Baker, Musschenbroek, különösen pedig Nollet a hang terjedését a vízben közvetetlen kísérletekkel igazolták.

Perolle volt az első, ki a hang erősségét a különféle folyadékokban meghatározta. Eljárása hasonló volt ahhoz, melyet Priestley s Priestley után ő is a gázoknál alkalmazott. Egy zsebórának hézagait betapasztá s ezután különféle folyadékokba meríté. Ekkor meghatározta ama távolsá-

gokat, melyekben a zsebóra ketyegése még halatszott. Nyilván való, hogy itt tulajdonképeni sebesség-meghatározásról szó sem volt. Chladni maga is a vízben terjedő hangról csak egypár, többé-kevésbé találó megjegyzést tett. Sőt, úgy látszik, hogy a vízben terjedő hang sebességét meghatározni lehetetlennek tartotta. Colladon és Sturm direkt kísérletei a Genfi-tóban (1829) a feladatot szabatosan megfejtették. Chladni bizonyára nem gondolta, hogy szellemes módszere, melyet a gázoknál alkalmazott, a folyadékokra is ki volna terjeszthető.

Mindamellett, hogy az echo már ősi időktől ismeretes vala, a hang visszaverődésének fizikai törvényei csak az újabb korból erednek. Az ókoriak az echoban külön istenséget tiszteltek s ezt az istenséget - legalább a monda szerint - gyakorlatilag értékesítették, mivel Nagy Sándor oly szócsővel rendelkezett, melylyel csapatait, bármennyire szét voltak is szóródva, bármikor összehívhatta. Különben a szócső feltalálójául Samuel Morland-ot tekintik, a kinek trombita-alakú szó-

csöve után számos hasonló készüléket állítottak össze. Chladni a hallócsövet fordított szócsőnek nevezi s szerinte elég jó szolgálatokat tesz, ha csonka kúp-alakú, holott Lambert a parabolás, Huth pedig az ellipszises csövet ajánlotta.

Chladni a hang visszaverődésére vonatkozó nézeteit következőképen adja elő:

A legtöbb fizikus a hang visszahatásait a hang-sugaraknak katoptrikai törvények szerinti visszaverődéséből magyarázza. Lagrange volt az első, ki a dolgot helyesebben fogta föl (*Recherches sur les nature et la propagation du son*, Miscell. Taur. t. I, 1759) és kimutatta, hogy a katoptrikához hasonló katakusztika vagy katafonika a kép-telenségek közé tartozik, mint ezt különben már d'Alembert is az *Encyclopédie*-ben megjegyezte. Az echo elméletét később Euler terjesztette elő, még pedig először a *Mém. de l'Ac. d. Berlin* 1765-iki folyamában s még teljesebben a *De motu aëris in tubis* című értekezésében. Ha az echo az által keletkezik, hogy a megsűrített leve-



gő valamely szilárd tárgy ellen torlódik, akkor a visszahatás körülbelül a reflexió közönséges törvényeihez alkalmazkodik ugyan, ha tehát a hang ferde lap ellen torlódik, az echo oldalvást fog hallatszani s így az esetben a katoptrikai alaptörvények szerinti magyarázat legalább nem vezet hamis eredményekre; de mivel az echo létrejö sok más esetben is, midőn az elegendő hosszú s a többi levegőtől oldalvást elkülönített levegő szilárd tárgyak ellen nem torlódik, hanem szabad levegő által határoltatik, következik, hogy az echo általában nem csupán a reflexiók, hanem inkább más okok által idéztetik elő."

Látni való, hogy Chladni a visszavert mozgásoknak azt a nemét, melyet jelenleg jelváltozás nélküli visszaverődésnek nevezünk, s a mely nem csak a nyílt sípok végein, hanem Young szerint a fényhullámoknál is előfordul, a tulajdonképeni reflexióhoz nem számította, tehát a hang reflexióját nyílt csövek végén előtte ismeretlen más okoknak tulajdonította.

Hogy a nyílt csövek végén nemcsak a zenei hangnak, hanem például a közönséges beszédnek hullámai is visszaveretnek, kísérletileg igazolható tény. Chladni elmélete kiterjeszkedik ezekre az esetekre is. Chladni az echo különböző eseteit csövekben vagy általában a külső levegőtől elzárt hosszúkás térekben vizsgálja meg s lehető esetek mindegyikére meghatározza az időközöket, melyek alatt a csőben lévő hangforráshoz a hang visszaérkezik. E meghatározások egyszerűek s nem tekintve azt a megjegyzést, hogy a nyílt végű csövek echóját a reflexióval kimagyarázni nem lehet, az egész elmélet egészen szabatos.

A híres akusztikus műveiből még számos olyan helyet említhetnénk föl, melyek arról tanúskodnak, hogy az akusztikának alig voltak ágai, melyek észlelő és számító tehetségének valamit nem köszönhetek volna. Mindazonáltal érdemeinek súlypontja szép találmányaiba s ezeknek alkalmazásaiba esik. Ha e mellett tekintetbe vesszük, hogy ő volt az első, ki az akusztikának tudományos rendszerét megalapította, mindenki

könnyen megítélheti, vajjon az újabb akusztika atyja címet, melylyel őt Tyndall fölruházta, valóban megérdemli-e?

Chladni szellemi életének az imént rajzolt képe hiányos maradna, ha elhallgatnók, hogy egy másik, az akusztika körén egészen kívül eső tárgy öt évek hosszú során át foglalkoztatá. Ez a tárgy a kozmikus fizikába tartozik. Chladni a meteorok s az üstökösök fizikai természetét behatóan tanulmányozta; az ezen téren szerzett érdemeit Humboldt a következő kevés, de annál nyomatékosabb szavakkal jellemzi: "Mindamellett hogy Halley már az 1686-iki tűzgolyót, melynek mozgása a Földnek napkörüli mozgásával ellenkező volt, kozmikus tűneménynek nyilvánította: mégis Chladni volt az első, a ki a tűzgolyók és a légkörből lehulló kövek közötti összefüggést a legnagyobb általánosságban s a legszellemesebben kimutatta." VI.

Chladni utazásai. - Jelleme. - Halála.

Chladni, alig hogy Akustiká-ját befejezé, veleszületett hajlamának engedve, 1802-ben ismét a vándorbothoz nyúlt s Dél-Németországba ment, de már 1805-ben visszatért szülővárosába.

A következő évben Hollandiába indult, s miután itt huzamosabb ideig tartózkodott, Brüsszelen át Párisba utazott, a hol 1810-ig maradt.

Párisi tartózkodása rá nézve minden tekintetben jelentős volt. Chladni az Institut-höz avval a kérelemmel járult, küldene ki egy bizottságot, mely részrehajlatlanul megítélné az általa elért tudományos eredményeket s ezek alkalmazásait a művészetre. Kérelme teljesült. A fizikai és matematikai osztályból Lacépède, Haüy és Prony (kik mindannyian zeneértők valának), a szépművészetek osztályából pedig Grétry, Méhul és Grossec küldettek ki. E bizottság jelentése (Moniteur 1809. 12. és 93-ik szám) oly kedvező volt, hogy a francia fizikusok, különösen pedig Laplace, azt az óhajtasukat fejezték ki, hogy fordítaná le Akustiká-ját francia nyelvre, mivel evvel a

mű Franciaországban is sokoldalú vizsgálatokra adhatna alkalmat. Chladni szívesen vállalkozott s csak azt kötötte ki, hogy, mivel e munka több időt venne igénybe, tehát párisi tartózkodását is meg kell nyújtania, költségei téríttessenek meg; továbbá, mivel a francia nyelvben nem olyan jártas, hogy fordítása a szigorú kritikát kiállhathatná, valaki lenne szíves munkáját revideálni. Miután megígérték neki, hogy mind a két föltétel teljesíttetni fog (a fordítás átvizsgálását Biot vállalta magára), Chladni Párisban maradt.

Az első föltétel teljesítése Napoleon jóakarától függött. A híres fizikus Laplace, Lacépède és Berthollet által a császár elé vezetett, a ki őt szívesen fogadta s két órán át nagy érdeklődéssel szemlélte és hallgatta hangszereit. Chladni, Laplace biztatására, megkérte a császárt, fogadná el műve dedikációját, mibe a császár szívesen beleegezett.

A kihallgatás után való napon Chladni 6000 frankra szóló utalványt kapott, minélfogva azon-

nal hozzáfogott művének lefordításához, azaz tulajdonképpen francia átdolgozásához. A mű 1809-ben jelent meg *Traité d'Acoustique* címmel.

Chladni párisi tartózkodása érdekes eseményeit a Cäcilia című zenefolyóiratban tette közzé. "Legtöbb bajom, mondja. Chladni, a dedikációval volt. Az *épître dedicatoire* fogalmazása sehoggy sem akart sikerülni, mert egyrésről el akartam kerülni a szokásos hízelgést (mely nem szokásom), más résről pedig illő tiszteletemet és hálámat akartam kifejezni. Végre megtaláltam a dolog nyitját a következő dedikációban (mely mindenkit kielégített): "Napoléon le Grand a daigné agréer la dedicace de cet ouvrage, après en avoir vu les expériences fondamentales." Chladni azt a ceremóniát még sem kerülhette el, hogy művének díszpéldányát - az uralkodó szokás szerint - egy *cour* alkalmával személyesen adja át a császárnak.

Chladni 1810-ben Párisból Strassburgon át Svájcba utazott, hol egy évig tartózkodott; innét Felső-Olaszországon át hazájába és szülővárosába tért vissza. Wittembergát 1813-ban, e város ostroma előtt, el kellett hagynia; az ostrom alatt háza leégett s evvel együtt sok értékes holmija odaveszett.

Chladni-nak tanszéke vagy más hivatala soha sem volt s csupán műveinek s akusztikai előadásainak jövedelméből élt. Legtöbb anyagi eredményt hangszereitől várt. Azonban ezek a közönségre nézve inkább csak az újság ingerével bírtak, mert nagyobb elterjedésnek nem örvendettek. Hangjuk igen kellemes volt ugyan, de nem volt elég erős.

Chladni a személyes szabadságot mindenképp fölött becsülte s bár tudományos működése hazájában is elismerést aratott, szabadsága érdekében jobbnak tartotta életének nagy részét utazásokkal tölteni, mint valamely állandó tanszéket vagy hivatalt betölteni. Szabadság-szeretetével buzgó

előharczosa volt a népszabadságnak; Napoleont lelkesülten tisztelte, a mi azonban csak a konzulátus idejéig tartott, mert, bár ezután is kiváló elismeréssel volt Napoleon iránt tanúsított kitüntető jóindulataért, politikailag vele ki nem békülhetett.

Mindamellett hogy Chladni mindig szerény igényekkel lépett föl, tudományos értékéről meg volt győződve, s úgy látszik, hogy a hazájában kapott elismerést nem tartotta érdemeivel arányban állónak, mert sorsával soha sem volt kibékülve; benső és igazi örömet csak tudományos eredményei szereztek neki. Hogy az élet terhei mily súlyosan nehezettek reá, arról világosan tanúskodnak a következő szavai, melyeket a jogi pályáról való lelépésére czélozva mondott: "Senki-nek sem tanácsolhatom, hogy megkezdett pályáját, ha benső hajlamainak nem is felelne meg, de bizonyos előnyökkel kecsegtetné, elhagyja, és bizonytalan kilátások után törekedjék."



Chladni 1827 ápril 3-án, Boroszlóban halt meg. Születésének éve a Mozart-éval, halálának éve a Beethoven-ével esik össze.

VÉGE AZ ELSŐ KÖTETNEK.

# LAVOISIER



I. Lavoisier ifjúsága. - Első munkái. - Lavoisier az akadémia tagjává s főhaszonbérlové lesz.

Antoine Laurent Lavoisier 1743 aug. 16-án Párisban született. Atyja kereskedő volt s szerencsés vállalatokkal tetemes vagyonra tett szert, tehát módjában volt, hogy fiát gondos nevelésben részesítse.

Az ifjú Lavoisier a Collège-Mazarin-ben végezte tanulmányait, még pedig fényes sikerrel; az egyes osztályok számára kitűzött szokásos díjakat rendszerint ő nyerte el.

Az akkori társadalmi felfogás szerint a vagyonos Lavoisier-hez az illett volna leginkább, ha oly pályára lép, melyen maholnap bizonyos rangra emelkedhetett volna. Azonban Lavoisier ekkor már sokkal jobban megkedvelte a tudományokat, sem hogy bármely más pályát a tudományosnál többre becsült volna, s elhatározta, hogy életét a tudományoknak fogja szentelni, mi ellen atyjának semmi kifogása sem volt.

Lavoisier először is arra törekedett, hogy magát a matematikai tudományokban alaposan kiképezze. Az asztronómiában la Caille, a chemiában Roualle, a botanikában pedig Bernard Jussieu voltak mesterei. Az ilyen tanítók vezetése alatt az ifjú Lavoisier került a zajos társaságokat s akkor érzé magát legboldogabbnak, ha tanítói körében lehetett.

Lavoisier alig volt 20 éves, s máris hozzáfogott egy alapos vizsgálathoz, melylyel az akadémiának 1763-ban kitűzött díját volt elnyerendő. A megfejtendő feladat ez volt: Páris városa részére czélszerűbb és takarékosabb világítás-rendszert feltalálni. Lavoisier azonnal hozzáfogott a különféle fényforrások intenzitásának kísérleti meghatározásához; fotométerül szemeit használta. Jól tudta, hogy a szem nagyon megbízhatatlan fotométer, minélfogva azon volt, hogy szemét érzékenyebbé tegye: szobája falait feketére festette s e sötét szobában hat hétig tartózkodott, hogy a különböző lámpák világító erejét annál biztosabban ítéldhesse meg.

Úgy látszik, mintha sokkal természetesebb lett volna, ha Lavoisier azon a hat héten át valamely fotométer feltalálásán töri eszét, azonban Lavoisier eljárása - legalább elméleti szempontból - indokolva lett volna még akkor is, ha fotométerrel rendelkezett volna. Fáradságának volt sikere: az akadémia 1766 ápr. 9-én a díjat neki ítélte.

Lavoisier az első szerencsés kísérlet után Guettard kíséretében geológiai kirándulásokat tett, melyeknek eredménye az volt, hogy a hegységek geológiai szerkezetéről új elméletet állított föl.

Akkoriban sokat vitatkoztak a fölött, vajjon a víz forralás által átváltozhatik-e földdé? Lavoisier, hogy a kérdést eldöntse, a következő kísérlethez folyamodott. Ismert súlyú zárt edényben vizet 101 napig hevített. Azt tapasztalta, hogy az edény és a víz összes súlya nem változott. Ezután a vizet kiöntvén, a megszáritott edény súlyát megmérte s azt találta, hogy az edény 17.4 gránrt veszített; a víz elpárologtatásánál pedig 20.4 grán szilárd maradékot kapott. A 3 grán különbséget

észleleti hibának tudva be, azt állította, hogy a víz nem változik földdé, hanem az edényből vesz föl valamit.

Chemiai második munkálata a Páris környékén előforduló gipsz elemzése volt. Lavoisier mind a két vizsgálatát az akadémia elé terjeszté.

Az utóbbi vizsgálatainál használt kísérletek előre gyanították, hogy mit várhat a chemia Lavoisier-től. Az akadémia sietett, hogy az ekkor még csak 25 éves tudóst megválassza; Lavoisier 1768-ban foglalta el az akadémiában a Baron halálával megüresedett széket.

Lavoisier már pályafutása elején tapasztalta, hogy a fizika műveléséhez tehetség és jóakarát még nem elegendők. "A fizika olyan tudomány, mondja Priestley, mely nagyon is rászorúl a nagyon segítségére". Lavoisier teljesen meg volt győződve e szavak igazságáról, s míg más tudósok egyeseknek vagy testületeknek segítségét vették igénybe, addig ő a költségeket maga akarta előteremteni, minél fogva azon volt, hogy sza-

bad idejét valamely jövedelmező foglalkozással töltse. A kedvező alkalom nem sokáig váratott magára, mert néhány hónappal akadémiai megválasztása után főhaszonbérloői állomást (fermier général) kapott. Az akadémikusokat kissé meglepte ez az új hivatal, de mindenki ismerte Lavoisier intenczióját s mindenki meg volt győződve, hogy hivatalos teendői nem fogják őt a tudományos vizsgálatoktól elvonni. S valóban, Lavoisier hivatalos ügyeit igen gyorsan intézte el s a nap nagyobb részét tudományos foglalkozásokkal tölté, a hét egyik napját pedig kizárólag az előre tervezett kísérletek végrehajtásának szentelte.

Laboratóriumában nemcsak barátai, hanem tehetséges tanulók és ügyes műszerkészítők is gyűltek össze. Lavoisier előadta terveit s miután környezetének véleményét meghallgatta, a megállapított terv kiviteléhez fogott. E laboratóriumban hajtottak végre ama kísérletek, melyek Lavoisier szellemi laboratóriumában fokozatosan

megérlelt eszméket a természettani törvények rangjára emelték.

II. A flogiszton-elmélet. - Lavoisier új elmélete.

A chemia olyan tudomány, melyet tetszésünk szerint a legújabb vagy pedig a legrégibb tudományok közé számíthatunk, a szerint, a mint fejlődésében a filozófiai elemet irányadónak tekintjük vagy pedig erre tekintettel nem vagyunk.

Ezt szem előtt tartva, mondhatjuk hogy csak akkor, midőn van Helmont az aristotelesi tekintélyre támaszkodó alchimia bástyáin már jelentékeny rést ütött, s Boyle-nak sikerült az aranycsinálók misztikus irányát száműznie, csak ekkor kezdett a chemia az igazi tudományoknak méltóságára emelkedni.

Azonban a tudománynak nélkülözhetetlen szüksége volt elméletekre, melyek az analog tüneményeket közös szempont alá helyezik. Ezt még azok is érezték, kik még a Boyle előtti fém-



átalakító felfogások alól magukat teljesen felszabadítani nem tudták.

A chemia egyik legrégebb és legfontosabb elmélete az égés elmélete, melyhez az első lépést Hooke tette meg. Hooke észrevette, hogy a salétrom épen úgy éleszti az égést, mint a levegő, mi-ből azt következtette, hogy a levegőnek az égést tápláló alkotó része a salétromban lekötve fordul elő. Azonban valamely elméletet minden részle-tében megvizsgálni és szabatosná tenni Hooke szellemi irányzatával nem igen fért össze. Eszméi fonalát Mayow (1645-1679) vette föl, ki egy 1669-ben közzétett értekezésében (*De sale Nitro et Spiritu Nitri aëreo*) kimutatta, hogy a salétromból hevítése alkalmával elillanó lég a tűznek táplálója; továbbá kimutatta, hogy a levegőn meszesített (égetett) fémek súlya növekszik, mert a levegőben levő spiritus nitri aëreus-t lekötötték. Hasonló észleletet Boyle is tett.

Mayow nézetei nem részesültek kellő elismerésben. Azok helyett Becher (1635-1682) elmélete fogadtatott el.

Becher szerint a fémek három elemből, nevezetesen üvegnekű földből, illó földből és valamely gyulékony alkotó részből vannak összetéve; e három elemmel az alchimisták három elemét, a sót, a ként és a kénesőt akarta helyettesíteni. Továbbá Becher elmélete szerint minden elégethető anyag legalább két alkotórészből áll, melyek közül az egyik az égésnél elillan, a másik pedig visszamarad. Ha tehát fémet meszesítünk (égetünk), akkor az illó alkotórészek elszállanak s csak a földes alkotó részek (fém-mész) maradnak hátra. Az olyan testeket, melyek az égésnél változást nem szenvednek, Becher úgy tekintette, mint a melyek az égésnek egyszer már alávetve voltak. Becher volt mestere Stahl-nak, a flogiszon-elmélet megalapítójának.

Ernest Stahl (1660-1734), eleintén a hallei egyetemen tanár, később II. Frigyes porosz király

udvari orvosa, támaszkodva Becher nézeteire, azt az elvet állította föl, hogy minden elégethető testben bizonyos alkotórész van, mely nélkül az égés nem lehetséges. Ezt az alkotórészt flogiszton-nak nevezte s föltette, hogy a flogiszton minden elégethető testben egy és ugyanaz. Stahl elmélete szerint a fémek meszesítése (oxidációja) szétbontó művelet, mert a meszesítésnél a flogiszton elillan és a fém-mész hátra marad; ellenben a fém-mész redukciója összetevő művelet, mert a redukciónál a fém-mész a vele érintkező széntől vagy valamely elégethető zsíros anyagtól a flogisztont elveszi s ezzel eredeti állapotába tér vissza.

A flogiszton-elméletből az következne, hogy a flogisztonjukat veszített fémek az eredeti fémeknél kevésbé súlyosak. Azonban már Boyle kimutatta, hogy a levegőn meszesített fémek súlya növekszik s későbbi észleletek e tapasztalatot megerősítették. Úgy látszik, mintha ez a tapasztalat a flogiszton-elméletet alapjában ingatná meg, azonban ez elmélet hívei elég ügyesek vol-

tak, hogy még ezt az ellenmondó tényt is a saját javukra zsákmányolják ki. Szerintük mi sem természetesebb, mint az, hogy a meszesítésnél a fémek súlyának növekednie kell, mert a flogiszton sokkal könnyebb lévén mint a levegő, a testeknek, midőn ezt a könnyebbítő anyagot elvesztik, súlyosbodniuk kell. Különben az akkori chemikusok a testek súlyával nem sokat törődtek; hogy a chemikusok legfontosabb eszköze a mérleg, azt csak Lavoisier bizonyította be.

Stahl elmélete, mindamellett hogy teljesen hamis volt, rendkívüli tetszésre talált. A híres Kant azt a testek esésének törvényeivel egyenrangúnak tartotta! E körülményből is kitűnik, hogy már az akkori chemiának is általános elméletre volt szüksége, miért is az első legjobb elmélet örömmel fogadtatott. S épen mert Stahl elmélete a tűnemények egész csoportját közös szempont alá fogta, az a chemia fejlődésének hatalmas tényezőjévé vált, sőt mondhatjuk, hogy épen Stahl elmélete által lett az akkori chemia igazi tudományyá.

A chemiának az a fényes korszaka, melyet Black, Priestley, Cavendish és Scheele művei tesznek emlékezetessé, szoros összefüggésben van Stahl hamis elméletével, s bár egyesekben, különösen pedig Black-ban, a flogisztonos elmélet csálhatatlanságába vetett hit már meg volt ingatva, mégis Lavoisier-nek volt fentartva, hogy ezt az elméletet megdöntse. "Az uralkodó tekintély megdöntéséhez elég a forradalmi szellem; azonban a romokon új épületet felállítani, ide már teremő szellem kell. Lavoisier-ben megvolt mind a kettő."

Lavoisier-nek az égésre vonatkozó kísérletei 1772-ben kezdődtek. Black, Cavendish és Priestley eredményeivel megismerkedvén, azonnal átlátta, hogy ez eredmények, kiegészítve a megfelelő kísérletekkel, alkalmasakká válnak megdöntésére amaz elméletnek, melynek ölében létrejöttek.

Lavoisier feladata abban állott, hogy kimutassa, miszerint a meszesítésnél a testekből nem

száll el valamely anyagi dolog, hanem ellenkezőképpen, valamely más testtel egyesülnek. E feladat megfejtése neki teljesen sikerült. Azt persze nem vette észre, hogy a flogiszton-elmélet kellőképpen értelmezve, megdönthetetlen igazság csíráit hordta magában. Jelenleg már tudjuk, hogy két elem egyesülésénél a kémiai különléte helyzeti erélye a hő, fény s egyéb hatók erélyévé alakul át s hogy éppen ennyi erély kívántatik meg az egyesült elemek szétválasztására. Ha tehát Lavoisier a flogiszton szót az erély szóval cseréli föl, a régi elmélet megdöntése - legalább az egyik irányban - fölöslegessé vált volna. Azonban Lavoisier-nek a rosszúl értelmezett flogiszton uralmának kellett véget vetnie.

Lavoisier az új elmélet alapvonalait már 1772-ben terjeszté az akadémia elé (zárt levélben). Miután tapasztalta, hogy a fémek redukciójánál sok megkötött lég válik szabaddá, arra a gondolatra jött, hogy a fémek meszesítése nem egyéb, mint azok egyesülése a redukciónál szabaddá váló léggel. A következő évben ezt a véleményt

az Opuscles physiques et chymiques, Paris, 1773. (2-ik kiad. 1801.) című művében bővebben kifejté. De épen Lavoisier kísérleteiből, különösen a foszforra vonatkozókból, kiderült, hogy az ő elmélete sem általános s némi módosítást igényel. 1774-ben Bayen a kéneső-meszet (kénesőoxid) zárt edényben, szén alkalmazása nélkül redukálta. Lavoisier az itt szabaddá váló léget megvizsgálván, azt tapasztalta, hogy az a lélekzésre alkalmas; Priestley ezután kimutatta, hogy ugyanez a lég nem egyéb, mint a levegőnek belehelhető alkotórésze. E szerint az oxigén felfedezése 1774-re volna visszavezetendő.

E tények elegendők valának, hogy Lavoisier az új elmélet jellemző alapvonalait kifejtse.

Az új elmélet két propozícióra támaszkodott. Az első az volt, hogy a fémek meszesítése és a testek égése nem egyéb, mint eme testek egyesülése a levegő belehelhető alkotó részével. Ezt a tételt 1775-ben terjeszté az akadémia elé.

A második propozíció, mely szerint az a hő, mely a belehelhető léget légnemű halmazállapotban fentartotta, az égésnél szabaddá válik, következménye volt az elsőnek. Lavoisier ezt a tételt az égésre vonatkozó saját nézeteiből s Black- és Wilke-nek a rejtett hőre vonatkozó találmányai-ból kombinálta s 1776- és 1777-ben fejtette ki.

Lavoisier az 1775-iki előterjesztésében tett először határozott említést az oxigénről s ezt l'air pure vagy l'air vital-nak nevezte. Az oxigén vagy savnemző kifejezést 1778-ban használta először, a mikor is kimutatta, hogy ez a lég szénnel, kén-nel és foszforral az illető savakat alkotja.

III. Az új elmélet következményei. - Az anyagmennyiség állandósága.

- Lavoisier viszonya a többi chemikushoz.

Nem maradt egyéb hátra, mint hogy Lavoisier az új elmélet következményeit kiaknázza.

Először is a savak képződését, ezután pedig az állatok respirációját vetette vizsgálat alá. Ebbe



az időbe esnek a hidrogén égésére vonatkozó vizsgálatai, melyekről már más helyen megemlékeztünk. Az olajok s egyéb eléghető növényi anyagok égési termékeit megvizsgálván, azt tapasztalta, hogy e testek fő alkotó része a szén és a gyúlékony lég (hidrogén); továbbá a szerves testek erjedésénél fejlődő légnemet megvizsgálván, konstatálhatta, hogy az erjedésnél a testek szénmennyiségének aránya megváltozik.

A híres Berthollet az illó alkalic (ammoniac) elemezvén, Lavoisier-nek újabb vizsgálatokra adott alkalmat.

Berthollet kimutatta, hogy az ammoniac hidrogénből s abból a légnemből áll, mely a levegőből fenmarad, ha ebből égés által az oxigén elfogyasztatik. Ezt az utóbbi légnemet, melyet Rutherford edinburghi tanár ismert föl először (1772), flogisztonos levegőnek nevezték, mivel Priestley kimutatta, hogy ez a lég nem akkor is keletkezik, ha valamely anyagot zárt térben elégetünk. La-

voisier e légnemet azote-nak nevezte; a nitrogén elnevezés Chaptal-tól ered.

Miután fölismertetett, hogy ez a légnem az állati anyagokban is előfordul, Lavoisier kimagyarázta az állati anyagok égésénél és rothadásánál létrejövő termékek keletkezését. Ugyancsak ő mutatta ki, hogy a nitrogén egyszerű test.

Lavoisier-nek eme vizsgálatai, valamint a megelőzők és a következők feljogosították őt arra, hogy kimondhassa, miszerint minden kémiai változás a különböző testek egyesüléséből vagy pedig egyes alkotó részeik kicserélődéséből ered, a nélkül, hogy e mellett a testek összes súlya változnék. Az anyagmennyiség állandóságának elvét, a modern chemia alaptételét, Lavoisier-nek köszönhetjük.

Ha részletekbe akarnánk bocsátkozni s tüzetesen elő akarnók terjeszteni mindazokat a specziális eredményeket, melyekkel Lavoisier az általa reformált chemiát gazdagítá, akkor még hosszú munkát kellene végeznünk. De mivel a tudo-

mány elvies tényeinek fejlődése mellett csak művelőiknek jellemzésére akarunk súlyt fektetni, oly feladat előtt állunk, melyet Lavoisier műveinek tüzetes előterjesztésével szívesen fölcserélnénk, mert kiváló érdemeinek fényét jelentékenyen megzavarja az a viszony, melyben találmányaival, mint szellemi vagyonnal állott.

Ha némelyek azt állították, hogy Lavoisier mindent, a mit létrehozott, a mások munkáiból merített, ez bizonyára oly túlzás, melyet csak úgy kell tekintenünk, mint ellensúlyozását ama másik szélső felfogásnak, mely szerint a modern chemia megalapításának érdeme egyes-egyedül Lavoisier-t illeti. Mindazonáltal vannak tények, melyekből Lavoisier-nek az a gyöngesége, hogy a mások munkáiban nem ismerte el az illetők szellemi jogait, nyilván kitűnik. Már az *Opuscules phys. et chym.* című említett művében oly nézeteket terjesztett elő, melyeket Black már régen kifejtett. Black volt az első, ki a gyöngesége és a máro alkaliákra és az alkaliás földekre vonatkozó vizsgálataival a flogiszton-elmélet bukását előké-

szíté, s Lavoisier az említettük művében Black-et nem is említi, a mi annál feltünőbb, mivel Lavoisier egyik nem régen feltalált levelében - Black-et mesterének és tanítójának ismeri el, ki először vetett fényt ama tanokra, melyeket ő (Lavoisier) a chemiába bevezetett.

Ép ily kérdésesek Lavoisier érdemei a vízösszetétel feltalálása körül, ha t. i. az érdemet abból a kizárólagos szempontból tekintjük, melyből ő azt magának tulajdonította.

A flogiszton-elmélet megdöntése után Lavoisier főmunkája a levegő elemzése volna. Azonban itt is oly dolgokat tulajdonított magának, melyek őt meg nem illették. Ugyanis 1789-ben megjelent *Chemia Elemei*-ben azt állította, hogy az oxigént Priestley, Scheele és ő egyidejűleg találták föl. Ez állítás aaptalansága kitűnik a következőkből. Lavoisier a *Journal de Physique* 1774-iki évfolyamában (decz. füzet) leírta az ón és az ólom meszesítésére vonatkozó kísérleteit. Ez értekezésből világosan kitűnik, hogy a levegőt külön-

bőző rugalmas folyadékok keverékének tekinté ugyan, de az alkotó részek mineműségéről még korántsem voltak oly tiszta fogalmai, mint a minőket az akadémiának ugyancsak 1774-iki emlékirataiban előterjesztett. Ez a látszat szerint értetetlen körülmény abban leli magyarázatát, hogy az akadémiában felolvasott értekezések egypár évvel később, azonban a felolvasás évszámával nyomattak ki, minélfogva a szerzőknek alkalmuk volt, hogy értekezéseikhez időközben egyetmást hozzátoldjanak s a régibb évszám paja alatt a mások eszméit sajátjukká tegyék.

Az akadémia 1774-iki emlékiratai is csak 1778-ban nyomattak ki, s eme négy évi időközben Lavoisier megismerkedett Priestley találmányával, mely abban állott, hogy a kénesőmész redukciójánál fejlődő lég nem egyéb, mint a levegő belehelhető alkotórésze. Priestley előadása szerint Lavoisier a találmányt közvetetlenül tőle hallotta először. Ugyanis Priestley 1774-ben Párisban volt s Lavoisier asztalánál számos tudós jelenlétében előadta, hogy kevés elutazása

előtt oly légnemet talált föl, melyben a gyertya sokkal jobban ég, mint a közönséges levegőben, s egyszersmind megmondá, hogy mily úton állította azt elő, mire az egész társaság, köztük Lavoisier és neje is, legnagyobb csodálkozásukat fejezte ki. Mindezekből következik, hogy Lavoisier-nek az oxigén feltalálására vonatkozó igényei alaptalanok.

Lavoisier érdemei oly nagyok, hogy ezek mellett egyéni hibái számba alig vehetők s bizonyára nem kell tartanunk attól, hogy a föntebbiek elmondása visszatetszést kelthetne. A tudományos érdemeket az egyéni gyöngeségek legkevésbé csorbíthatják.

IV. A chemiai nomenklatura. - A Chemia Elemei.

Lavoisier új elmélete az akkori kitűnő chemikusoknál az egy Black kivételével - elismerésre nem igen talált. Mi, kik a dolgot a tudomány mai álláspontjából tekintjük, e fölött némileg csodálkozhatnánk; ha azonban figyelembe vesszük,

hogy az ember nem szívesen válik meg azoktól a régibb tanoktól, melyek a tünemények bizonyos csoportját bizonyos fokig eléggé jól magyarázzák ki, s hogy midőn új elméletről van szó, első sorban nem azt keresi, hogy az ismert tények avval mi módon volnának összhangba hozhatók, hanem inkább a régi elmélet védelmével foglalkozik: a chemikusok ragaszkodása a flogiszton-elmélethez érthetővé válik. Analog esetet találunk a fényelmélet történetében.

A flogiszton-elmélet híveinek ellenállása első sorban abban gyökerezett, hogy a fémek feloldásánál fejlődő hidrogént a régi elmélet egyszerűbben magyarázta mint az új. Ugyanis Bergmann kimutatta, hogy a fémek a savakban nem mint fémek, hanem csak mint fém-meszek oldódnak föl, mivel pedig a meszesülés flogiszton-veszteséggel jár, a fémek feloldásánál is a flogiszton szabaddá válik, még pedig gyúlékony lég alakjában. Így esett meg, hogy némelyek a hidrogént úgy tekintették, mint magát a flogisztont, mások ellenben flogisztonos víznek tartották. A gázokat, melyek

akkor keletkeznek, midőn a fémek salétromsavban vagy koncentrált kénsavban oldódnak föl, úgy tekintették, mint a flogiszton egyesülését a mondottuk savakkal.

Lavoisier-nek nem volt nehéz, hogy a hidrogén fejlődését s eme flogisztonos savak keletkezését kimagyarázza; teljesen meg volt győződve, hogy elmélete, a mint azt mindenkinek hozzáférhetővé teszi, diadalt fog aratni. E cél elérésére hatalmas eszközt látott a chemiai új nomenklaturában, melyben minden egyes vegyület az új elmélet megállapította összetétel alapján kapta nevét. Lavoisier érintkezésbe tette magát több kiváló chemikussal, különösen pedig Guyton de Morveau-val, ki kevéssel ez előtt szintén új nomenklaturát ajánlott, ezt azonban a régi elméletre akarta fektetni. Közös megállapodással úgy jött létre a következő című műszótár: *Méthode de Nomenclature chimique proposée par Msr. Morveau, Lavoisier, Berthollet et Fourcroy, Paris 1787.*



Az új nomenklatura első sorban az összetett testeket vette figyelembe; e testek három csoportra, úgymint savakra, alkaliákra és sókra osztattak. A bizarr és rejtélyes műszavak, melyek mint az alchimia utolsó maradványai, a chemiát elégtelenítették, ki voltak küszöbölve; az új műszavak a vegyületeket mintegy definiálták, a mi hathatósan előmozdította az új elmélet terjedését.

Azonban ez a könyv csak segédeszköze volt az új chemiának, mert ennek legnagyobb mértékű elterjedését Lavoisier-nek *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1789. (2 vols.), vagyis "A Chemia Elemei" című műve okozta. A híres szerző az első kötetben előterjeszti és kifejti az új chemia alapelveit; a második kötetben - a mű gyakorlati részében - a különböző eszközöket és kísérleteket, melyek az egyes vizsgálatoknál használandók valának. A műhöz csatolt 13 rajzlapot a szerző neje készíté.

A ki az előtt a chemia tanulmányozásánál egyes szétszórt értekezésekre volt utalva s átte-

kinthető könyv hiányában kénytelen volt, hogy maga rendezze az anyagot s maga keresse föl a dolgok összefüggését, az most Lavoisier könyve által a tudományba néhány nyomtatott ív által vezetett be. S épen ez a körülmény teszi érthetővé, hogy az új chemia, különösen az ifjabb nemzedék körében, oly gyors elterjedésnek örvendett.

## V. A rejtett hő és a fajhő története.

Bátran mondhatjuk, hogy Lavoisier-nek chemiai munkái egyszersmind fizikai érdemeinek legnagyobb részét teszik, mert nem tekintve, hogy Lavoisier chemiája első sorban a fizika hasznára volt válandó, az eszközök és módszerek, melyeket Lavoisier használt, mindannyian fizikaiak valának. Igaz ugyan, hogy a chemia, mely jelenleg módszereinek önállósága, tartalmi gazdagsága s még inkább az eléje tűzött cél miatt önálló tudomány, most már Lavoisier módszereit chemiaiaknak tekinti, azonban Lavoisier

idejében a súlymeghatározásokon alapuló módszerek a fizika körébe tartoztak.

Lavoisier-nek szorosabb értelemben vett fizikai dolgozatai a fizikának az ő koráig parlagon heverő ágának, a hőtannak körében mozogtak.

A hőtünemények egyszerű észlelete sohasem vezetett volna azoknak észszerű fölismeréséhez, ha a fizikusok elmulasztották volna magát a hőt mint ható erőt közelebbi vizsgálat alá vetni. Ez elég későn történt ugyan, de aztán az aránylag rövid idő alatt fölismert tények sokasága bőven pótolta a századok mulasztásait. A hőnek, mint ható erőnek mérése volt a további fejlődésnek alapföltétele. A thermométeres méréseknek, melyekkel már két évszázad óta foglalkoztak, főeredménye nem lehetett egyéb, mint a hő kisebb-nagyobb fokban való jelenlétének összehasonlító fölismerése; azonban a hőfoknak egyszerű meghatározása még nem vet világot a hőtünemények természetére, ha egyúttal nem vétetnek figyelembe ama változások, melyek a hőnek mint quanti-

tatív hatónak tulajdonítandók. Világos példa erre a rejtett hő története.

A fizikusok igen sokat foglalkoztak a hőmérő állandó pontjainak meghatározásával s konstatálták, hogy az olvadó jégnek s a forró víznek mérésklete állandó, a nélkül, hogy az állandó-marádásnak okára gondoltak volna. Igaz ugyan, hogy az Accademia del cimento tagjai tettek oly kísérleteket, melyek arról tanúskodnak, hogy a fajhőről némi ismeretek voltak, sőt már a hőkapacitás szót is használták, de kísérleteik nem érték el a tökéletességnek azt a fokát, hogy azokat a nyilvános közlésre alkalmasoknak találhatták volna. Csak 1762-ben történt, hogy a nagyérdemű Black a kérdést föltette s egyszersmind meg is fejtette.

Első kísérleténél zérus fokú jeget olvasztott s azután ugyanannyi zérus fokú vizet 7 fokra hevített. Ekkor azt tapasztalta, hogy a jégnek olvasztására 21-szer annyi idő kellett, mint a víz hevítésére, mindamellett hogy úgy a jeget, mint a vizet

ugyanavval a hőforrással melegítette. Black ebből azt következtette, hogy a jég  $21 \times 7$  azaz 147 foknak megfelelő hőt abszorbeált; ezt a hőt a hőmérő nem mutatta.

Ezután 176 Fahrenheit fokú vizet egyenlő mennyiségű jéggel kevert. Mire a jég egészen elolvadt, a keverék mérséklete majdnem épen akkora volt, mint az olvadó jégé, holott midőn hideg vizet egyenlő mennyiségű meleg vízzel kevert, a keverék mérséklete a meleg s a hideg víz mérsékleteinek számtani középértéke volt. Black azt a tetemes mennyiségű hőt, mely a jég olvadásánál eltűnik, rejtett hőnek (latent heat) nevezte.

Black kiterjeszté kísérleteit a víz forrására is; itt meg azt tapasztalta, hogy valamint a jég az olvadásnál, úgy a víz a forrásnál nagy mennyiségű hőt nyel el. Az olvadás és a forrás hőfogyasztása összehasonlító kísérletek által ki volt mutatva s a kérdés még csak az lehetett, hogy hová lett az elfogyasztott hő.

Black chemikus létére ezt a kérdést is chemiai szempontból fogta föl. A hőt anyagnak tekintvén, a felelettel hamar készen volt: a jég a hővel vegyülve vizet, a víz pedig a hővel vegyülve gőzt alkot; a víz és a gőz, nem tekintve chemiai összetételüket, két anyagnak, egy súlyosnak s egy súlytalannak egyesüléséből erednek.

E vizsgálatok Black-et a fajhő feltalálására vezették.

A dolog a rejtett hővel rokon természetű. Egyes fizikusok már régebben tettek ide vonatkozó kísérleteket, a nélkül, hogy tudták volna, hogy tulajdonképen mivel van dolguk. A híres Boerhave volt az első, ki különféle testek keverékének mérsékletét meghatározta. Hogy mily tökéletlenek lehettek kísérletei, azt könnyen elképzelhetjük, ha meggondoljuk, hogy azt a tételt állította föl, hogy a keverék mérséklete egyenlő a kevert testek mérsékletei különbségének felével.

Richmann, a légköri elektromosság áldozatává esett szentpétervári fizikus, sokkal helyesebb

eredményre jött. Szerinte a különböző mérsékletű testekben foglalt hő arányos térfogatukkal vagy tömegükkel, minélfogva a mérséklet és a tömeg szorozmányával kifejezett hőmennyiségek összege a keverés előtt épen akkora, mint a keverés után, mely egyenletből a keverés után kiegyenlődési mérséklet kiszámítható. Richmann törvénye csak egynemű testek keverékére vonatkozott; a törvény általánosítása különmemű testekre másoknak volt fentartva.

Richmann törvénye szerint az egyenlő tömegű testek kiegyenlődés mérséklete egyenlő a kísérlet előtti mérsékleteik számtani középértékével. Black már most azt kutatta, vajjon áll-e ez a tétel a különmemű testekre is, s ha nem áll, milyen módosulást szenved. Különmemű és különböző mérsékletű folyadékok egyenlő mennyiségét összekevervén, azt találta, hogy a keverék mérséklete a folyadékok anyagi minősége szerint majd a számtani középértéken fölül, majd pedig ezen alul állott. Ebből azt következtette, hogy a különböző testeknek, hogy mérsékletük egy fokkal nö-

vekedjék, különböző hőmennyiségre van szükségük. Ezután a keverés-módszer általános elvéül a következő tételt állította föl: A tömeg, fajhő és mérséklet szorozmánya által kifejezett hőmennyiségek összege a keverés előtt épen akkora, mint a keverés után, mely egyenletből a fajhő kiszámítható. Black még nem használta a fajhő kifejezést, de a szó értelmével egészen tisztában volt. E kifejezést Wilke használta először.

Miként az újabb kor számos egyéb vívmánya, úgy a fajhő feltalálása is több észlelő között oszlik meg. Nevezetesen Crawford s az elektromos vizsgálatairól híres Wilke, Black kísérleteihez hasonló megfigyelések által önállóan jöttek a fajhő meghatározására: Crawford is következtetéseit különmemű és különböző mérsékletű testek keverékének kiegyenlődés-mérsékletéből vonta. Wilke pedig 1772 telén egy véletlen észlelet által indított a dolog tanulmányozására.

Wilke, hogy eltávolítsa a havat, mely egy kicsiny virág-ágyra esett, meleg vizet öntött rá. A



hónak lassú olvadása eleintén föltűnt neki, mivel azt hitte, hogy a hó és a víz keveréke Richmann törvényét követi. Erre havat ugyanannyi 68 fokú vízzel kevert, abban a hiszemben, hogy majd a keverék mérséklete 34 fok lesz. Azonban Wilke azt tapasztalta, hogy a víz melege, mindamellett, hogy a víz zérus fokra hűlt le, még a hónak teljes megolvasztására sem volt elegendő!

Ismételt kísérleteiből meggyőződve, hogy bizonyos mennyiségű hónak megolvasztására mindig ugyanannyi hő kell, a stockholmi akadémia emlékirataiban azt ajánlotta, hogy a hó a hőmennyiségek mérésére használtassék. Eme mérés elve helyes és egyszerű; mert ha tudjuk, hogy bizonyos mennyiségű hónak megolvasztására mennyi hő kell, akkor, hogy megtudhassuk, hogy bizonyos test mennyi hőt veszített, tehát hogy mennyi heve volt, csak az illető test által megolvasztott hónak (a keletkezett víznek) mennyiségét kell megmérni. Azonban a hó csak nagyon lassan olvad, tehát a környezettől is sok hőt vehet föl; továbbá a keletkező víz csak részben gyűjt-

hető össze, mert a hó nyirkossá lesz, tehát részecskéi között sok vizet visszatart; ez okoknál fogva a hó az említettük célra alkalmatlan volt.

De Wilke az eszmét nem adta föl; a direkt mérés nem sikerülván, indirekt módszerhez folyamodott. E módszer a keverés és a hóolvasztás módszere kombinációjából állott, de annyira körülményes volt, hogy a fizikusok inkább a közvetlen keverés-módszer mellett maradtak.

Lavoisier fölismerete mind a keverési, mind pedig a Wilke-féle módszernek jó és rossz oldalait s arra a meggyőződésre jutott, hogy Wilke módszere, ha hiányai kellőképen eltávolíttatnának, bizonyára helyes eredményeket fogna adni. Tervének kivitelére Laplace-szal szövetkezett.

Ha valamely terv megvalósításán ilyen két bűvár fáradozik, mindig a legjobb eredményt lehet várni. Vizsgálataik eredménye a kaloriméter nevű készülék volt, melynek latinos-görög nevét avval mentegették, hogy a tudományos műszavak készítésénél a fogalom szabatosabb kifejezé-

se kedveért a nyelv tisztaságát meg szabad sérteni. Mai napság az ilyesmiért már senkisémmen tegetődzik.

A kaloriméter (jégkaloriméter) elve a következő: Valamely jégdarab, ha ezt melegebb helyre teszszük, nem fog átmelegedni, mivel a vele közölt hő külső rétegeinek megolvasztására fordítatik. Ha most a jég belsejébe meleg testet teszünk, ott a jeget csakis a test melege fogja megolvasztani, tehát csak az ott megolvadt jeget kell összegyűjteni, mivel a megolvadt jég mennyisége arányos a test melegével. Maga a készülék három koncentrikus hengerből áll; a belső hengerbe (tulajdonképpen egy hengeres vasdrót-szövetbe) tétetik a megvizsgálandó test; ezt a hengert körülveszi egy második vaspléh-henger; ebbe tétetik a test által megolvasztandó jég. Ez a henger alul csappal elzárható kúpos csővel (melyen a víz lefolyik) van összekötve. A második hengert körülövező harmadik henger szintén jéggel van megtöltve s az a célja van, hogy a környezet

melegét visszatartsa. A kísérlet folyamában mind a három hengert kellőképen be kell takarni.

Most csak azt kell még tudni, hogy bizonyos mennyiségű jégnek megolvasztására mennyi hő kívántatik meg. Lavoisier és Laplace szerint a jég megolvasztására megkívántató hő háromnegyedrésze annak a hőnek, mely a jég súlyával egyenlő súlyú zérus fokú vizet a forrópontig hevít föl. Ezt az arányt az e célra külön végrehajtott keverési kísérletekből határozták meg.

Ha tehát azt a hőt, mely 1 kgr. víz mérsékletét 1 C. fokkal növeszti, egységül vesszük, akkor Lavoisier és Laplace szabálya szerint 1 kgr. jég megolvasztására 75 hőegység kell, mely érték az újabb pontos kísérletek eredményénél 5 hőegységgel kisebb.

Lavoisier és Laplace meghatározták a különböző testek fajhétét s a kaloriméterek megfelelő berendezése után meghatározták még az égésnél, a respirácziónál s egyéb chemiai folyamatoknál (péld. mészoltásnál) fejlődő hőt is.

A kapott eredményeket egyáltalában nem tekintették abszolút hőmennyiségeknek; szerintük az eredmények csak azt mutatták, hogy mennyi hőt kívánnak az egyenlő mennyiségű különböző testek, hogy mérsékletük egyenlő számú fokokkal növekedjék; az abszolút hőmennyiség meghatározására okvetetlenül tudni kellene, hogy a fajhő a különböző mérsékleteknél állandó maradjon, azaz, hogy például bizonyos súlyú anyagnak  $10^{\circ}$ -ról  $11^{\circ}$ -ra való hevítésére éppen annyi hő kell, mint ugyanazon anyagnak  $100^{\circ}$ -ról  $101^{\circ}$ -ra való hevítésére. Ezt a sejtelmüket az újabb vizsgálatok teljesen igazolták.

A jégkaloriméter számos javításon és átalakításon ment át, de nem mindegyik fizikusnál talált tetszésre. Gren és Wedgwood számos kifogást tettek ellene, holott Lichtenberg, tekintettel a készülék egyszerű és világos elvére, azt, ha kellő vigyázattal használtatik, a legpontosabb eszköznek ítélte. S valóban, Bunsen-nek sikerült az eszközöt oda módosítania, hogy a vele kapott ered-

mények oly szabatosak, mint ezt a fizikai mérések eme csoportjánál csak kívánni lehet.

## VI. A testek hőokozta kitágulása.

Richer-nek 1671-iki cayenne-i expedíciója sok fontos kérdés megfejtésének kútfejévé lett.

Az ingás óra, melyet Párisból magával vitt, Cayenne-ben lassabban járt. Ez a tény, a mennyiben két különböző okkal, az ingának hőokozta tágulásával és a Föld nehézségi erejének változásával függött össze, mind a két dolog közelebbi megvizsgálására adott alkalmat. Huyghens az utóbbi okkal foglalkozott; az első ok tanulmányozása, legalább közvetetlenül, az órák és a műszerkészítők figyelmét vonta magára, minek első következménye a kéneső és a rostély-kompenzáció feltalálása volt, mely találmányok ismét a fémek kiterjedésének meghatározását tették szükségessé.

Berthoud a kompenzált ingák készítése alkalmával nagyon is érezte a kiterjedés ismeretének szükségét s adatok hiányában lévén, maga fogott

a kiterjedés meghatározásához. A megvizsgálandó rúdnek egyik végét szilárdan megerősítette, a másik végére egy kétkarú emeltyűnek rövidebb karját szorította. A rúd hosszúságának változtatásával az emeltyű hosszabb karja íveket írt le; ez ívekből a kiterjedés nagyságát ki lehetett számítani. Ez volt az első emeltyű-pirométer.

Berthoud eljárása igen helyes elven alapulván, a mérések eme fajának tökéletesbülésére sokkal nagyobb befolyást volt gyakorlandó, mint a Muschenbroek, Ellicot, Nollet s másoknak e célra szerkesztett készülékei.

Lavoisier, teljes tudatában annak, hogy valamely okot csak hatásaiból lehet helyesen fölismerni, a hőnek kiterjesztő hatásait is vizsgálat alá vetette. Munkatársa most is Laplace volt. A két tudósnak készüléke Berthoud elvén alapult. Fara-gott köveken nyugvó ólomkádba a mintegy 2 m hosszú megvizsgálandó rudat úgy helyezték el, hogy az egyik vége szilárd pontra, a másik vége pedig egy függélyes síkban forgó szögemeltyű-

nek rövidebb alsó karjára támaszkodott. Az emeltyű tengelye két különálló pilléren nyugodott, s egy rúgó a szögemeltyű rövidebb karját a rúdhoz és ezt ismét a szilárd ponthoz szorította. Az emeltyű felső végéhez messzelátót erősítettek, a melylyel egy a készüléktől mintegy 100 toise távolságban levő falra erősített skálára lehetett nézni. E berendezéssel el lehetett érni, hogy a rúd egy vonalnyi kiterjedése alkalmával a messzelátó optikai tengelye a skálán 62 hüvelyket vagyis 744 vonalat futott át, tehát  $1/774$  vonalnyi kiterjedést még meg lehetett határozni. Az ólomkádban a kísérlet elején olvadó jég volt; a jeget megolvasztották s ezután a vizet a forrópontig hevítették; a kiterjedés meghatározása végett csak az osztályrészeket, melyeket a messzelátó a skálán végigfutott, kellett leolvasni. Lavoisier és Laplace e készülékkel egészen pontosan meghatározták a testek tágulási együtthatóját, vagyis azt a számot, mely mutatja, hogy valamely rúd eredeti hosszúságának hányadrészével terjed ki, ha mérsékletét egy fokkal növeljük. A térfogati



vagy köbös kiterjedés meghatározása ezután már csak számításbeli feladat volt.

Ellicot, Bouguer, Smeaton és mások már régebben meghatározták volt a tágulási együtthatókat. Módszereik hiányairól eléggé tanúskodnak eredményeik, melyek egy és ugyanazon anyagnál egymástól rendkívül eltérnek. Ellenben Lavoisier és Laplace a kiterjedést oly szabatosan határozták meg, hogy konstatálhatták, miszerint egy és ugyanazon anyagnak kiterjedése molekulás szerkezetéhez képest különböző lehet; kimutathatták, hogy a különböző üvegfajok nem egyformán terjednek ki; hogy ugyanannak a fémnek, a szerint, a mint más alkotó-részeket kisebb vagy nagyobb mértékben tartalmaz, különböző kiterjedése lehet.

Lavoisier nemcsak a szilárd testek, hanem még a folyadékok kiterjedésével is foglalkozott. A fizikusok többsége, köztük Deluc, Leroy és Schmidt, a kérdést csak a térfogat-változás direkt mérése által vélte megfejthetőnek. Mivel azon-

ban a folyadékot tartalmazó edény is kiterjed, szükséges, hogy ez a kiterjedés is számításba hozassék. Lavoisier ez eljárás rosszoldalait mellőzendő, nem a folyadéknak térfogat-változásait, hanem fajsúlyváltozásait mérte meg s ebből a térfogatváltozást kiszámította. Kísérleteivel kimutatta, mit különben Deluc is észlelt, hogy a víz a fagyóponttól számítva bizonyos fokig ( $4^{\circ}\text{C}.$ ) összehúzódik s sűrűsége maximumát éri el s ezen a ponton ismét kiterjed.

Lavoisier és Laplace meghatározták a kéneső kiterjedését is, azonban az itt követett módszerüket a Dulong és Petit-é jóval fölülmúlja.

## VII. A hő mivoltára vonatkozó hipotézisek

A hőnek a többi erővel való összefüggése kérdését a jelen század közepén Robert Mayer olyan módon oldotta meg, mely fölöslegessé teszi, hogy a hő mivoltáról alkotott hipotézisek egyikére vagy másikára valami különös súlyt fektessünk. Mindazonáltal e hipotézisek az igazságok fölismerésére hosszú időközön át hasznos vagy ká-

ros, siettető vagy késleltető befolyással voltak s épen ezért történelmi fejlődésük mindenkor érdekes téma fog maradni.

A nézetek, melyek tudományos jellegre igényt tarthatnak, a következő három csoport valamelyikébe sorozhatók: a hő anyag, vagy erő, vagy pedig valamely mechanikai úton előállítható mozgás. A hő által létrehozott hatások tehát vagy a hő-anyagnak, vagy a hő-erőnek, vagy pedig bizonyos hőmozgásnak tulajdonítandók.

Heraclitos szerint a természetben előforduló minden változásnak tűz az oka, tehát a hő erő.

Democritos, valamint az ő ókori és újabbkori hívei szerint, mint minden más dolog, úgy a hő is atomokból áll, tehát a hő anyag.

Aristoteles a hőt a testek titokszerű tulajdonságának, titkos erőnek tartotta; a középkornak ez a nézet tetszett legjobban.

Verulami Baco szerint a hő a test részecskéinek a testet kiterjesztő, hullámozó mozgása. E né-

zetet arra a tapasztalatra alapította, hogy a meleg testek nem súlyosabbak, mint a hidegek, s hogy a hő által a testek rendszerint kiterjednek.

Descartes csatlakozott Baco nézetéhez, azonban a forrás kimagyarázására mégis egy hipotézises különös anyaghoz folyamodott.

Míg Baco a hő hatásai után indult, addig Boyle a hő keletkezését vette szemügyre. Mivel a testek ütés vagy súrlódás által is megmelegedhetnek, a nélkül, hogy velük más test hőt közölne, Boyle föltette, hogy az ily módon keletkezett hő, mint mozgás által előidézett, ismét csak mozgás lehet. De épen ama tapasztalatok készítették őt, hogy a mechanikai úton keletkezett hőt a chemiai úton keletkezettől megkülönböztesse: a tűz melegét már nem mozgásnak, hanem súlyos anyagnak tekinté.

Boyle után Hooke következik. Newton-nak eme híres vetélytársa Micrographiá-jában világosan kifejezi, hogy a hő nem egyéb, mint a testek molekuláinak igen élénk mozgása. Hooke szerint

a folyós halmazállapotnak csakis a hő az oka: a molekulák mozgásuk miatt egymástól annyira el-  
távolodnak, hogy végtére egymástól függetlenül  
s mindenféle irányban mozoghatnak és a test fo-  
lyóssá válik. Hooke ezt a felfogást többrendbeli  
analógiával igyekezett fölvilágosítani.

Hogy Newton nem idegenkedett a hőt s vele  
együtt a fényt valamely hipotézises anyag rezgő  
mozgásának tulajdonítani, erről már az illető he-  
lyen szóltunk. Bernoulli Dániel-nél a hőmoz-  
gás már dinamikailag konkrét alakot öltött, holott  
Euler, a mellett, hogy a fény hullámelméletének  
terjesztésén fáradozott, a hőt sajátos tűz-  
anyagnak tartotta.

Stahl hívei a hőt a tűzzel azonosítván, azt a  
flogisztonhoz hasonló súlyos anyagnak képzel-  
ték, mely anyagnak súlya esetleg negatív is lehe-  
tett. Black a hőt, persze más értelemben mint a  
flogisztonisták, szintén anyagnak képzelte, mely  
képzelet az olvadásnál és forrásnál eltűnő hőre  
támaszkodott. Black szerint a hő épen úgy ve-

gyűlhet a különféle anyagokkal, mint bármely más anyag: az anyagiás felfogás Black-nél tetőpontját érte el.

Sokkal ideálisabbak voltak Macquer nézetei. Macquer szerint a fény-anyag elemi tiszta tűz, mely ha a testek egyik alkotó részévé válik, megkötött tűzzé változik át és a hő nem egyéb, mint eme tűznek, azaz tűz-anyagnak heves mozgása; Macquer tehát az anyagi és a mozgási hipotézist egyesítette. Crawford szintén az anyagi hipotézist fogadta el, de azután azt állította, hogy a hő nem vegyül a testekkel, legalább nem úgy, a mint Black képzelte, mert ha a hő a testekkel chemiailag vegyülne, a meleg testek melegségüket nem veszthetnék el, midőn azokat hideg testekkel egyszerűen érintjük. A rejtett hőt magyarázandó, azt mondá, hogy az olvadás és a forrás pillanatában a testek több hő-anyagot képesek fölvenni a nélkül, hogy azt a hőmérőn jeleznék. Ez a föltevés nagyon önkényes, de még önkényesebb az égésről alkotott képzelete, melyet az akkoriban

forgalomban volt többi furcsa hipotézissel együtt hallgatással mellőzhetünk.

Miután az anyagi hipotézis praeponderált, különös érdekű lehet Lavoisier-nek, a flogiszon-elmélet megdöntőjének nézete. Ő is az anyagi hipotézisből indult ki. Szerinte a hő-anyag, vagyis a kalória minden testet kivétel nélkül áthat s hol szabad, hol kötött állapotban fordul elő, s elvetette Crawford említettük hipotézisét, (mert ha ez a hipotézis elég jól magyarázza is a folyadékok elpárolgását, annál kevésbbé alkalmazható akkor, midőn a szilárd testek megolvadásáról van szó. Valóban, ha valamely test légnemű állapotba megy át, térfogata sokkal nagyobb lesz, mint az előtt volt, tehát érthető, hogy molekulái között több kalória elférhet. De nem így áll a dolog, midőn a szilárd testek folyósakká válnak, nemcsak hogy mindegyiknek térfogata nem növekszik, sőt némelyiküké kisebbedni látszik: itt a kalória sem a mérsékletet nem emeli, sem a térfogatot nem terjeszti ki."

Lavoisier a molekulai vonzás és az általános gravitáció között analógiát állított föl. "Az az általános törvény, hogy a testek hevítés által kiterjednek, hűtés által pedig sűrűbbekké válnak, csak akkor magyarázható meg, ha fölteszszük, hogy a testek molekulái egymással nem érintkeznek, - hanem ellenkezőleg egymástól bizonyos távolságban vannak. Ha azonban a hő-anyag folytonosan törekszik, hogy a testek részecskéi közé hatoljon s ezeket egymástól eltávolítsa, miért nem engednek ezek ama törekvésnek? Miért nem szóródnak szét? S miképen lehetséges, hogy szilárd testek egyáltalában léteznek? Fel kell tehát vennünk valamely erőt, melynek hatásai az előbbeniektől ellentétesek, mely erő visszatartja és összekapcsolja a testek molekuláit, s ez az erő, bármi légyen rá az oka, nem egyéb, mint az általános gravitáció."

Mindezekből kitűnik, hogy Lavoisier hőelmélete, mindamellett, hogy sokkal józanabb és természetszerűbb felfogásról tanúskodik, mint az akkori többi elméletek, sőt tartalmi emelkedettsé-



génél fogva szerzőjének filozófiai érzékéről tanúskodik, még mindig nagyon messze állott attól, hogy a hőtüneményeket közös szempont alá vesse.

VIII. Lavoisier tevékenysége adminisztratív pályáján.

Lavoisier 1792-ben azon volt, hogy szétszórt iratait összegyűjtse s ezeket tartalom szerint rendezze. A gyűjteménybe az addig még közzé nem tett tanulmányait, nem különben a mások által tett régibb és újabb fölfedezéseket is be akarta sorozni; az így összeállított mű a chemiának teljes kurzusát magában foglalta volna. Tervének kivitelére Armand Séguin-nel szövetkezett, a kinek társaságában a respiráció- és transspiráció-nak az új elmélet szerint magyarázandó tüneményeit vetette vizsgálat alá. Az első négy kötet már ki volt nyomtatva, midőn dicső életének a forradalom borzalmi véget vetettek. Azonban ő még börtönében is kevésbé a reá várakozó s előtte már több mint valószínűnek látszó szeren-

csétlen sorsára, mint ama mű szerencsés befejezésére gondolt. De az előre tervezett 8 kötetből csak az első négy jelent meg, s ezek közül is a negyedik egészen, a harmadik pedig részben elveszett. Lavoisier neje a fönmaradt töredékeket összegyűjtötte és *Mémoires de physique et de chimie* cím alatt két kötetben kiadta.

Lavoisier szerencsétlen sorsa adminisztratív pályájának következménye volt. Mindenki tudja, hogy a francia forradalomnak ama borzalmas időszakában, melynek Lavoisier is áldozatul esett, nem kellett valakit szükségképen valamely hosszú bűnlajstrommal vádolni, hogy a büntetések legsúlyosabbját szenvedje. Név, származás, társadalmi állás, a személyes érdekek ocsmány cselszövevényei nélkül is elegendőek valának. Midőn tehát Lavoisier-nek a közügyek terén kifejtett tevékenységét, melylyel éppen annyi tehetséget és nemes buzgalmat tanúsított, mint tudományos pályáján, vázolni akarjuk, szinte tartanunk kell attól, mintha ennek az a látszatja volna, hogy a nagy férfiút a rajta elkövetett bűntény

igaztalanságával szemben mentegetni akarjuk. Lavoisier ilyesmire nem szorúl, a mit mondanók leszünk, avval csupán a kiváló tudós életrajzát akarjuk kiegészíteni.

Említettük, hogy Lavoisier 1769-ben főhaszonbérlové neveztetett ki. Senki sem kárhoztathatja azért, hogy ez állásból anyagi hasznót remélt húzni, mivel nemcsak összes szellemi, hanem vagyoni tehetségével is kívánta a tudomány érdekeit szolgálni. Hivatalos állásában kifejtett buzgalma csakhamar eloszlatta előítéletét azoknak, kik tudományos dolgozataiban akadályt láttak arra nézve, hogy a közigazgatás terén is megfelelően hivatásának. Rövid idő alatt a főhaszonbérloői testület egyik legtevékenyebb tagjává lett s a legkényesebb ügyek vezetésével ő bízott meg. Nézetei ezen a téren is helyesek voltak; átlátta, hogy a jövedelmek az élükre állított követelések által inkább fogynak, mint szaporodnak, s gyakran megesett, hogy nem élt olyan jogokkal, melyek a népre igen igen terhesek valának, a nél-

kül hogy az államnak valami kiváló hasznot hajtottak volna.

1776-ban Turgot a salétrom-termelést s evvel a puskapor-gyártást előmozdítani akarván, e célra külön bizottságot alakított, a melynek Lavoisier, mint chemikus és ügyes adminisztrátor, legkiválóbb tagja volt. A bizottság 1779-ben a mesterséges salétrom-gyártást illető utasítást adott ki, ez az utasítás Lavoisier-nek saját költségein végrehajtott kísérletei alapján állíttatott össze. A francia puskapor, mely azelőtt gyöngébb volt mint az angol, most emezt jóval fölülmulta, mint ezt az angolok az amerikai háború alkalmával nyíltan beismerték.

Lavoisier a földművelés és a nemzetgazdaság érdekeit szóval és tettel egyaránt előmozdította. A Blois környékén fölállított gazdasága a földbirtokosoknak és gazdálkodóknak mintául szolgált. Lavoisier földművelési módszerének alkalmazásával 9 év lefolyása után a gabonatermelés megkétszereződött, a baromtenyésztése pedig öt-

szőrössé vált. Mint nagybirtokos 1787-ben az orleansi tartománygyűlés tagjává neveztetett ki, s mint ilyen tanácsaival és munkálataival egyaránt megfelelt a hozzája kötött várakozásoknak.

Az 1788-iki kedvezőtlen időjárás miatt sok helyen éhség ütött ki. Lavoisier Blois városának gabona-vásárlásra 50,000 frankot előlegezett s az előlegezés módozait oly ügyesen állította föl, hogy a város az éhségtől s az ennek következtében igen sok városban beállott zavargásoktól megmenekült, a nélkül, hogy terhei szaporodtak volna.

A Lavoisier iránt való nyilvános elismerés érdemeivel együtt növekedett. Mindamellett, hogy a bankügyet tüzetesen sohasem tanulmányozta, ugyancsak 1788-ban a caisse d'escompte egyik adminisztrátorává neveztetett ki.

Az egyre romladozó közviszonyok a nemzetet már-már katasztrófával fenyegették. A veszélyt mindenki tudta és látta s a királytól kezdve a jobb gondolkodású egyszerű polgárig mindenki

arra törekedett, hogy a kormányzat és a közigazgatás javíttassék. Az általános mozgalomtól Lavoisier sem maradhatott távol, s kötelességének ismerte, hogy a közjólét előmozdítására legjobb tehetsége szerint hozzájáruljon. Így keletkezett a *Traité de la richesse territoriale de la France* című híres műve, melyben kifejté a nemzetgazdaság helyes elveit. A művet az 1789-iki első nemzetgyűlés elé terjeszté; a gyűlés 1791-ben elrendelte a kinyomtatást. Ez a mű is csak kezdete volt egy terjedelmesebb munkának, melynek terve már készen s a hozzávaló anyag már összegyűjtve volt, mely azonban mint a jeles férfiú szellemének sok más terméke az utókorra nézve elveszett.

A nemzetgyűlésnek, miután a kincstár reorganizációját végrehajtotta, olyan emberekre volt szüksége, kik a roppant apparátust kellőképen igazgatni tudták. Hogy a pénzügyi bizottságba Lavoisier is beválasztatott, ezt az eddig felsorolt érdemei után nagyon természetesnek fogjuk találni, valamint azt is, hogy átható szelleme ezen

az új téren is épen úgy kitalálta a célhoz vezető legegyszerűbb és legalkalmasabb eszközöket, mint a tudományos téren.

Az akkoriban Franciaországban divatozó különböző mérték-rendszerekből keletkezett zavarok felkölték a nemzetgyűlés figyelmét. Az újítsi vágy, mely minden téren hathatósan nyilatkozott, a mértékek gyökeres reformját már 1788-ban sürgette. 1790-ben Talleyrand a nemzetgyűlésben azt az indítványt tette, hogy a gyűlés kérje föl a királyt, hogy az angol királyt a mérték-ügy reformjának megnyerje s őt angol biztosok kiküldésére fölkérje, hogy ezek a francia biztosokkal egyetértőleg a normális egységet megállapítsák. Az akadémia a bizottságba Lavoisier-t is beválasztotta. Itt új alkalma nyílt gazdag tapasztalatainak érvényesítésére, azonban a bizottság munkálataitól, az ügynek nagy kárára, nemsokára visszavonúlt.

IX. Lavoisier pöre és kivégeztetése. - Jelleme és családi viszonyai.

1793. okt. 10-én a nemzetgyűlés St. Just indítványára a forradalmi kormányt proklamálta.

E naptól kezdődött a forradalom legsötétebb és legvéresebb időszaka, melyben a szabadság köpönyege alatt a korlátlan uralomra törekvő lelketlen vezérek által fölizgatott szenvedélyeknek annyi jeles férfiú, a nemzetnek mindmégannyi dicsősége, áldozatúl esett. Ez időszak emberei siettek, hogy gyilkos terveikkel a főhaszonbérlok ellen forduljanak. A fölizgatott nép roppant vagyont tulajdonított nekik, s ez elég volt arra, hogy belőle a legsúlyosabb s egyszersmind a leg-hitványabb vádakat kovácsolja.

Dupin volt a neve annak a képviselőnek, ki mindamellett, hogy a haszonbérlok irodájában sokáig kereste kenyerét és a kit Paulze, Lavoisier apósa (ki szintén főhaszonbérlok volt) mindig különös pártfogásban részesített, elég alávaló volt, hogy a főhaszonbérlok ellen nyilvános vádat emeljen. A főhaszonbérlok rövid pöréről a hivatalos jelentés így hangzik:



"Meg lévén győződve arról, hogy ők szerzői vagy legalább bűnrészesei egy a Franciaország ellenségeinek sikereit előmozdító összeesküvésnek, különösen pedig arról, hogy a francia népet mindenféleképpen zsarolják és zaklatják: a dohány közé vizet és a pipázó polgárok egészségének ártalmas anyagokat kevernek; kaucziójuk valamint üzleteikhez megkívántató tőkéik érdekében hat és tíz perczentet vesznek, holott a törvény értelmében csak négyre vannak följogosítva; nyereségeikkel birtokában vannak oly tőkéknek, melyeknek a nyilvános kincstárba kellene befolyniok; a népet és nemzeti vagyont rabolják, hogy a nemzetet megfoszszák roppant összegektől, melyeknek a szövetséges despoták elleni háborúra kellene fordíttatniok, s ez összegeket az utóbbiaknak kiszolgáltatják: halálra ítéltettek." (Moniteur, II. év floréal 19. szám).

Látni való, hogy a haza ellenségeivel való czimborálásnak akkoriban divatos vádján kívül mily hitvány argumentumok hozattak föl a hazája jólétén s a nemzete dicsőségén állhatatosan

buzgólkodó férfiú ellen. Az érdem elhomályosult a törvény álláspontjára helyezkedett gyilkosok szemei előtt, s 28 főhaszonbérrelővel együtt Lavoisier is halálra ítéltetett.

Lavoisier barátai remélték ugyan, hogy a tudományok iránti tiszteletnek talán még maradt anynyi nyoma, hogy a jeles férfiú érdemei az ellene emelt ocsmány vádakat háttérbe fogják szorítani, hanem az iránta való jóindulatuk e hiú reményen túl tovább nem is terjedt. A köz-rémületben senki sem mert szót emelni; csak egy bátor férfiú akadt, a ki Lavoisier érdekében egy merész lépésre vállalkozott. Hallé, ez volt a derék férfiú neve, a művészetek liczeumába ment s ott jelentést tett Lavoisier rendkívüli érdemeiről; ez a jelentés a törvényszék elé került. Lavoisier maga is szót emelt; nem kegyelmet kért, hanem csak az ítélet végrehajtásának elhalasztását egypár napra, "hogy az emberiség javára szolgáló megkezdett kísérleteit befejezhesse."

Valószínű, hogy a transpirációra vonatkozó vizsgálatait akarta befejezni, mivel ezek elfogatása miatt tényleg félbeszakították. "Nincs többé szükség tudósokra" volt ama félelmetes törvényszék elnökének felelete s az ítélet 1794. május 8-án végrehajtatott. Paulze-ot, Lavoisier apósát, harmadiknak fejezték le.

Lavoisier kevéssel kivégeztetése előtt azt mondta Lalande-nak, hogy előre látja, hogy ha életének megkegyelmeznek is, minden vagyonától meg fogják fosztani, ő azonban dolgozni fog s mint patikáros fogja kenyerét keresni!

Egy elterjedt monda szerint a liceum tagjai Lavoisier-nek, a kivégeztetése előtti napon, börtönében egy koszorút adtak át! Ha ily nagy bátorságuk valóban lett volna, azt Lavoisier érdekében praktikusabb módon is értékesíthették volna.

A nagy férfiú szerencsétlen vége fölötti fájdalomunk még élénkebbé lesz, ha meggondoljuk, hogy az ítélet végrehajtásának elhalasztása őt megmenthette volna. Egy pár hét múlva a nyakti-

lók ledöntettek s Lavoisier meg lett volna mentve. Az akadémia tagjainak közös lépése e szerencsés eredményt talán létrehozhatta volna; nem is kellett volna Lavoisier-t a pártduh vagy valamely specziális vád ellen védeniök, befolyásukat csak egy társadalmi áldozat érdekében kellett volna érvényesíteniök. Ez azonban elmaradt, minélfogva nagyon gyanús mentséget fejez ki Lalande-nak Lavoisier kollégáiról tett eme megjegyzése: "Szeretem hinni, hogy vesztét nem mozdították elő."

Lavoisier rendkívüli érdemeit szeretetreméltó jellemmel párosítja. Szelídség, igénytelenség, szolgálatkészség és jótékonyság voltak jellemző vonásai. 1771-ben nőül vette Paulze-nak 14 éves leányát (sz. 1758. Montbrisonban, megh. 1836. Párisban). E gondos nevelésű s alapos műveltségű nő méltó volt Lavoisier-hez. Férje munkálataiban tevékeny részt vett s mint már említettük a *Chemia Elemei*-hez a rajzlapokat ő készíté.

Ezen kívül lefordította (angolból) Kirwan egyik kémiai munkáját (*Essai sur le Phlogistique*, Paris, 1788, 8o), bár e tudósnek nézetei a férjeitől nagyon eltérőek valának.

A boldog családi viszonynak véget vetett az 1794-iki katasztrófa. Lavoisierné rövid fogság után kiszabadult s egy hű cselédjének önfeláldozó szolgálatkészségével vagyonát is visszanyerte. 1805-ben Rumford grófhhoz ment nőül, kitől azonban már 1809-ben elvált. Mindkét házassága meddő maradt.

Lavoisier összes műveinek kiadását a császári kormány 1862-ben rendelte el: *Oeuvres de Lavoisier publ. par le Ministère Imperial*, Paris, 1862-68, 4 kötet 4o.

Guizot, Mme de Rumford, Paris, 1841.

# LAPLACE



Az újabb asztronómia történetének legjelentősebb korszakai a Kopernikus, Kepler és Newton neveihez fűződnek. E három férfiú munkái az asztronómia alapjait vetették s valamennyi még meg nem oldott probléma megfejtésének kiinduló pontja ama három férfiú műveiben rejlik.

A Newton utáni korszaknak nem is maradt egyéb feladata, mint hogy az ég mechanikájának már kifejtett törvényei alapján a tűnemények sokaságát biztos elméletekre visszavezesse. S e munkában, mint a megelőzőnek kiegészítőjében, ismét egy kiváló bűvással találkozunk, a kinek művei körül a még hátralevő nagy munkának majdnem mindegyik ágát csoportosíthatjuk. Ez a bűvár Laplace volt. "Nem lehetne mondani, hogy neki, mint Archimedes-nek és Galilei-nek az a tehetség adatott volna, hogy egészen új tudományokat teremtsen; hogy a matematikai tanokat, miként Descartes, Newton és Leibniz új és rendkívüli termékenységű elvekkel gyarapítsa, s hogy ezeket, miként ezt Newton tévé, a csillagos égre átvigye s a Galilei földi mechanikáját az egész

világegyetemre kiterjeszse: Laplace arra volt hívatva, hogy mindent biztosabb alapra fektessen, hogy minden korlátot tágítson, hogy megfejtse azt, a mit meg nem fejthetőnek lehetett volna gondolni. Ő befejezte volna az ég tudományát, ha e tudomány egyáltalában befejezhető volna."

Fourier-től eredő eme jellemzés épen úgy ráillik Laplace fizikai műveire, mint a csillagászatiakra.

## I. Laplace élete.

Pierre Simon marquis de Laplace 1749 márczius 13-ikán, Alsó-Normandiában (jelenleg Calvados départ.) fekvő Beaumont en Auge faluban született. Szülei szegény földmívelők valának.

Laplace gyermekkoráról s iskoláztatásáról keveset tudunk, mert midőn már méltóságokra emelkedett, elég gyöngye volt, hogy alacsony származásának körülményeit gondosan eltitkolja; csak annyit mondhatunk, hogy a beaumonti katonai iskolában mint bejáró tanult s rendkívüli emlékezőtehetsége által korán föltűnt.



Később ugyanennél az intézetnél mint tanító működött.

Laplace érezte, hogy a beaumonti iskola nem nyújt elegendő tért az ő tehetségeinek: elhatározta, hogy Párisba megy. Jóakarói több ajánló levelet intéztek d'Alembert-hez, s a mint Párisba érkezett, azonnal jelentkezett a híres encziklopedistánál, ki azonban őt fogadni nem akarta.

Az első lépés sikertelensége Laplace-t nem csüggeszté el, s arra a gondolatra jött, hogy talán legjobb volna, ha maga írná meg ajánló levelét. Ez a levél pedig a mechanikai elvekről irt értekezés volt.

D'Alembert, a mint az értekezést végig olvasta, azonnal átlátta, hogy nem közönséges kéregetővel van dolga; a tehetséges ifjút még az nap magához hívatta.

"Látja uram, így szólott d'Alembert, én nem sokat adok az ajánló levelekre. Önnek ezekre nem lett volna szüksége, ön sokkal előnyösebben

mutatta be magát, s ez nekem elegendő; számítsanak támogatásomra."

D'Alembert megtartotta szavát: néhány nap múlva Laplace az École militaire-hez a matematika tanárává neveztetett ki. "E pillanattól kezdve, mondja Fourier, Laplace magát kizárólag választott tudományának szentelte s valamennyi munkáját állandó irányba, melytől soha el nem tért, terelte.... A matematikai analízisnek akkor ismert határait ekkor már elérte és e tudomány legszellemesebb és leghatalmasabb eszközeinek birtokában volt és senki sem volt oly nagy mértékben hivatva, hogy e tudomány terjedelmét tágítsa, mint ő. Az elméleti asztronómiának egyik legfontosabb kérdését (a bolygók Naptól való középtávolságainak változásairól) megfejtette s minden törekvését e magas tudománynak szentelte, melyet egész terjedelmében felkarolt. Dicső tervét alaposan átgondolta s annak kivitelével egész életén át oly állhatatossággal foglalkozott, mely a tudományok történetében párját ritkítja. A tárgy rendkívüli terjedelme lángesze

jogos büszkeségének csak hízelt; hozzáfogott százada Almagest-jének megírásához; ez az az emlékoszlop, melyet az Ég Mechanikája címmel hagyott ránk, s e halhatatlan műve a Ptolemaeus-ét annyival múlja fölül, a mennyivel a modern analízis az Euklides elemeit szárnyalja túl."

Nehéz volna Laplace tudományos tevékenységét rendszeresen ismertetni, ha műveinek chronologiai sorrendjét akarnók követni, minélfogva, mielőtt feladatunknak ezt a részét fejtenők meg, a híres férfiú életének külső viszonyait fogjuk előterjeszteni. E viszonyok részint tudományos, részint pedig politikai tevékenységével függnek össze. Lássuk először az elsőket.

Laplace alig volt 24 éves, midőn az akadémiába mint membre adjoint fölvétetett. Ezután Bézout helyébe lépett mint a királyi tüzérség növendékeinek examinátora, s 1785-ben az akadémiában Leroy helyét foglalta el. 1810 óta majdnem valamennyi európai tudományos akadémia tagjává

választatott, sőt 1816-ban az Académie française kebelébe is fölvétetett.

Tanári tevékenységének új tere nyílt 1794-ben, midőn az École normale-hoz az analízis tanárává neveztetett ki. Nemsokára a Bureau des longitudes tagjává és elnökévé lett. 1816-ban XVIII. Lajos őt nevezte ki ama bizottság elnökévé, mely a politechnikai iskolát reorganizálandó volt.

Ily magas, vagy a nagy közönség szemei előtt még magasabbaknak látszó kitüntetések a politikai téren is nyert. Csakhogy ezeket szívesen elengednők neki. Politikai pályafutása tudományos szelleméhez nem illő köpönyegforgatásból áll; dicsvágya nélkülözte azt a szilárdságot, melynek a magasabb célokra törekvő politikust jellemeznie kell. Igaz ugyan, hogy azok az idők, melyekbe az ő politikai pályafutása esik, alá voltak vetve rohamos változásoknak, melyek miatt könnyen megeshetett, hogy az, a ki bizonyos időpontban szilárdan ragaszkodott volna azokhoz az elvekhez, melyeket kevéssel az előtt mint politi-

kai hitvallást hirdetett, az épen akkor uralkodó viszonyok között működésének talaját teljesen elvesztette volna, sőt a nép szemei előtt politikai különöz hírébe eshetett volna. E viszonyok kényszerítő hatalmának más kiváló férfiak is alá voltak vetve; ezek azonban mérsékelt és ildomos magatartásukkal a változások közepette is megőrizték azt a jellemszilárdságot, melyet a közügyeket vezető politikusnak minden körülmény között meg kell őriznie.

Laplace eleintén a legbuzgóbb republikánus volt. Ez nem akadályozta meg őt abban, hogy a döntő fordulat után az első konzul kezeiből a belügyminiszteri tárczát átvegye. Azonban hat heti minisztersége alatt valami kiváló államférfiú hírére épen nem tett szert. A kitűnő tudós a nehéz viszonyok között nagyon rossz adminisztrátor volt s helyét Bonaparte Lucián-nak kellett átengednie. Napoleon császár állítólag így nyilatkozott volt miniszteréről: "Laplace első rangú matematikus létére a középszerűn alul álló adminisztrátornak bizonyult, s csakhamar fölismertük,

hogy csalatkoztunk benne. Laplace egy dolgot sem tekintett igazi szempontból, mindenben elmésségeket keresett s problematikus eszmékkal volt eltelve, s végre a végtelen kicsinyek szellemét az adminisztrációba is átvitte." Laplace később szenátor és a szenátus titkárává lett s mint ilyen az által tette magát föltünővé, hogy a republikánus kalendárium eltörlését sürgette. Ezután, mint a becsület-légió főtitkárja és a császárság grófja, aláírta az acte de déchéance-ot, végre a restauráció alatt marquis-vá lett s mint ilyen a pairek kamarájában ülésezett, hol ismét csak a gúny tárgya volt. S a mi reputációja érdekében még inkább sajnálandó, ezt az állhatatlanságot átvitte tudományos műveibe is. Az Exposition du Système du Monde első kiadását, melyet az ötszázak tanácsának ajánlott, így fejezte be: "Az asztronómiai tudományok legnagyobb jótéteménye abban áll, hogy szétoszlatták a természethez való igazi viszonyainknak nem ismeréséből eredő tévelyeket, melyek annyival is inkább kárhatosak, mivel a társadalmi rendnek ama viszo-

nyokon kell alapulnia. Jog és igazság, ezek meg-ingathatatlan alapkövei. Távol legyen tőlünk az a veszélyes maxima, hogy néha hasznos, hogy az embereket boldogításuk érdekében tévútra vezessük és leigázzuk! Végzetes kísérletek minden időben bebizonyították, hogy e szentelt törvényeket soha sem lehet büntetlenül megsérteni."

Ezt a hangzatos beszédet 1824-ben a marquis következőképpen módosította:

"Gyarápítsuk és őrizzük meg e magasztos ismeretek birtokát, a gondolkodó lények gyönyörét. Azok igen hasznos szolgálatokat tettek a hajózásnak és a geográfiának, de a legnagyobb jó-téteményt az által gyakorolták, hogy eloszlatták az égi tűnemények okozta félelmeket s a természethez való igazi viszonyaink nem ismeréséből eredő tévelyeket, mely tévelyek és félelmek csakhamar visszatérnének, ha a tudományok fáklája kialudnék. "

Hogy Laplace tudományos életének egyéb fázisaiban sem járt el valami kiváló őszinteséggel, erről a következő anekdota tanúskodik:

Az akadémia állandó titkárát választották. Arago a jelöltségről előre lemondván, a szavazatok Fourier és Biot-ra estek. Későbbi viszályok elkerülése végett mindenki a legnagyobb titokban tartotta szavazatát. Laplace a két jelölt iránt egyenlő bizalmát avval akarta kimutatni, hogy két szavazó lapot töltött be; mind a kettőt összehajtotta, kalapjába vetette, összerázta és így szólt szomszédjához: "Ön bizonyára észreveszi, hogy két szavazólapot töltöttem be, az egyiket megsemmisítem, a másikat pedig az urnába teszem. Így magam sem tudom, hogy melyik jelöltre szavaztam."

Eme részrehajlatlan eljárásnak csak az volt az árnyékoldala, hogy a kíváncsi szomszéd a czédulákra kancsalított, midőn Laplace azokat kitöltötte, s világosan látta, hogy mind a két czédulára a Fourier nevet írta.



Laplace mindezen gyöngeségei dacára a tudományos körökben, nevezetesen az arcueil-i társaságban osztatlan tiszteletnek örvendett; tudós társai a tudóst tisztelték benne. Különösen élénk viszonyban volt Berthollet-vel, kinek tőszomszédságában lakott. Biot bizonysga szerint ifjú tudósok iránt mindenkor a legnagyobb szivességgel viseltetett, s kész volt, hogy törekvésüket igazi baráti szeretettel előmozdítsa.

Laplace rövid betegség után 1827 márczius 5-én, 87 éves korában, száz évvel Newton halála után, halt meg. Utolsó pillanataiban környezetéből valaki fényes fölfedezéseit említvén előtte, így szólt: "A mit tudunk, az vajmi kevés, a mit nem tudunk, az roppant sok."

Laplace érdemeinek méltatásánál többé nem lesz szükségünk, hogy dicsőségével össze nem hangzó tényeket említsünk föl. Bízvást idézhetjük Fourier-nek még eme szavait: "Mi köze van ahhoz az utókornak, melynek annyi mindenféle részletet kell elfelejtenie, hogy Laplace egy nagy

állam minisztere volt? A mihez köze van, ezek azok az örök igazságok, melyeket feltalált, a világ állandóságának meg nem ingatható törvényei, s nem pedig az a hely, melyet néhány éven át a fentartónak nevezett szenátusban betöltött."

Mivel gyakran megesik, hogy Laplace egyik értekezését matematikai művei közé ép oly jogosan lehetne sorozni, mint a csillagászatiak vagy fizikaiak közé, műveinek rendszeres csoportosítása igen nehezzé válik. Nagyobb műveinek és értekezéseinek száma mintegy 90-re rúg. Ezek között tisztán fizikai tárgyú három van. Külön megjelent művei közé tartoznak:

Théorie du mouvement et de la figure elliptique des Planètes, Paris, 1784, 4o;

Théorie des attractions des sphéroides et de la figure des Planètes, Paris, 1785, 4o;

Exposition du système du monde, Paris. 1796, 2 köt. 8o;

Traité de Mécanique Céleste, Paris. 1799-1825, 5 köt. és suppl. 4o; 2-ik kiad. Paris. 1829-39, 5 köt. 4o;

Précis de l'histoire de l'Astronomie, Paris. 1821, 8o;

Théorie analitique des probabilités, Paris. 1812. 4o (3-ik kiad. Paris. 1820);

Essai philosophique sur les probabilités, Paris. 1814, 8o, 6-ik kiad. Paris. 1840.

1842-ben Laplace munkáit már alig lehetett kapni s maguk a francziák majdnem arra szorultak, hogy híres honfitársuk műveit egy kivonatos angol kiadásból kellendett olvasniok. Laplace özvegye, férje dicsőségének emlékeit megóvandó, összes műveit akarta kiadni. A költségeket fődözendő, már azon volt, hogy a Pont l'Évêque közeliében fekvő kicsiny birtokát eladja, azonban a képviselők háza az ügyet kezébe vette; Laplace műveinek kiadására 40,000 franc szavaztatott meg. Az özvegy a célba vett vállalat terhei alól föl volt mentve, de férje emlékének megörökíté-

séhez mégis hozzá akart járulni: alapítványt tett, melynek kamataiból az akadémia minden évben a politechnikai iskolából kilépő legjelesebb növendéket a Laplace műveivel jutalmazza. A kormány rendezte kiadás (Oeuvres complètes, Paris. 1843-48, 4o) hét kötetből áll; az első öt kötetben Mécanique céleste, a 6-ikban az Exp. du Syst. du Monde, a 7-ikben pedig Théorie anal. d. probabilités foglaltatik.

Laplace összes műveinek teljes kiadása Gauthier Villars által (az akadémia auspiciuma alatt és felelőssége mellett) 1878 óta folyamatban van.

A Mécanique Céleste magában foglalja Laplace-nak legfontosabb vizsgálatait: e műben szellemi tevékenysége egész terjedelmében tükröződik vissza; e mű nagy híre kíváncsossá teszi, hogy tartalmi berendezését is megismertessük. Az "ég mechanikája" két részből áll, a melyek összesen 16 könyvet és 4 toldalékot foglalnak magukban.

Első rész.

I. könyv. A mozgásról és az egyensúly általános törvényeiről.

II. k. Az általános vonzás törvényéről s az égitestek súlypontjainak mozgásáról.

III. k. Az égitestek alakjáról.

IV. k. A tenger és a légkör oszcillációiról.

V. k. Az égitesteknek saját súlypontjuk körüli mozgásáról.

Második rész.

VI. k. A bolygók mozgásainak elmélete.

VII. k. A Hold elmélete.

1-ső toldalék: a Jupiter és a Saturnus két nagy egyenlőtlenségéről.

VIII. k. A Jupiter, Saturnus és az Uranus holdjainak elmélete.

IX. k. Az üstökösök elmélete.

X. k. A világrendszerre vonatkozó különböző kérdésekről.

E könyv a következő kilencz fejezetet foglalja magában:

1. Az asztronómiai sugártörésről. - 2. A csillagok fényének kialvásáról a légkörben, és a Nap légköréről. - 3. A barométeres magasságmérésről. - 4. A testek esése nagy magasságból. - 5. Bizonyos esetekről, melyekben az egymást vonzó testek rendszerének mozgását szigorúan meg lehet állapítani. - 6. Az eltérésekről, melyeket a bolygók és az üstökösök mozgásai szenvednek ama közegnek ellenállása miatt, a melyben mozognak, és a nehézség fokozatos transmissziója miatt. - 7. Második toldalék: a Hold, Jupiter és a Saturnus elméletéhez. - 8. A bolygók és a holdak tömegéről. - 9. Harmadik toldalék: a kapillaritás elmélete.

XI. k. A Föld alakjáról és forgásáról.

XII. k. A gömbök attrakciójáról és repulziójáról s a rugalmas folyadékok mozgásának törvényeiről.

XIII. k. A bolygókat borító folyadékok oszcillációjáról.

XIV. k. Az égitesteknek súlypontjuk körüli mozgásáról.

XV. k. A bolygók s az üstökösök mozgásáról.

XVI. k. A holdak mozgásáról.

Negyedik toldalék: A bolygók kölcsönös távolságát kifejező gyökének sorba fejtéséről.

II. Az asztronómia állapota Laplace föllépése idejében.

Kopernikus halomra dönté az évszázados tant, mely szerint a Föld a mindenség középpontja volna, s Földünknek az égitestek között a planétának szerény szerepét jelölte ki.

Kepler, a Kopernikus kijelölte úton tovább haladva, levezette az égitestek mozgásának három

törvényét, melyekkel az ég kinematikája meg volt alapítva. Még csak a mozgató erő hiányzott.

Ezt az erőt, sok éles elmének a dolog lényegét nagyon megközelítő fáradozása után, Newton találta meg. E találmánynyal a Kepler törvényei dinamikai alapot nyertek; ok és okozat a legszebb összefüggésbe jött; az asztronómia épülete késznek látszott.

De a gravitáció törvénye, míg egyrésről a Kopernikus és Kepler épületét betetőzte, addig másrésről egy másik épületnek alapjait vetette. Midőn Newton azt a tételt állította föl, hogy a bolygók nem csupán a Nap vonzó erejének hódolnak, hanem fordítva is, a Napra s egymásra is vonzó hatást gyakorolnak: az asztronómia problémáinak száma rendkívül megszorodott.

Kepler törvényei teljes szigorúsággal többé nem állhattak; úgy látszott, hogy az a törvény, mely a világrend harmóniájának utolsó elemét hozta létre, egyszersmind általános rendetlenséget csinált. Ha nem kellett volna egyebet figye-



lembe venni, mint a Napnak a bolygókra gyakorolt vonzását, az asztronómia problémái meg lettek volna fejtve. De miután bebizonyult, hogy a Nap vonzotta bolygó még a bolygó-társai vonzásának is alá van vetve; hogy a holdaknak nemcsak a bolygójuknak, hanem még a Nap és esetleg a hold-társaik vonzó igényeinek is eleget kell tenniök: mindegyik feladathoz új bonyodalmak járultak. Newton lángesze e bonyodalmak súlyát alaposan mérlegelte, de törvényeiket még nem vezethette le. Ama bonyodalmak megfejtése a Newton utáni korszak feladata volt. A feladat nehéz volt, de az emberi szellem végtére még is diadalmaskodott rajta. E diadalban az oroszlánrész Laplace-t illeti.

Midőn Laplace és híres kortársai az imént jellemzettük munkához fogtak, az ide vonatkozó észleleti törvények szép számával rendelkezhetek. Hipparchus fölfedezte az éjnap egyenlőségpontok praeczesszióját, Kopernikus megmagyarázta e tűnemény kinematikai okát. Most még csak az a kérdés maradt hátra, hogy a földtengely

ingadozása, mint e tűnemény előidézője, miféle okra vezetendő vissza? Newton átlátta, hogy ez az ok a földgömb lapultságában keresendő, s hogy tökéletesen gömbalakú bolygónál praec-zesszió nem fordulhat elő, de ezt a nézetet a kellő analízisi eszközök hiányában nem bizonyíthatta be. A megfejtés d'Alembert-re várt, a ki a Föld alakjából s a gravitáció törvényéből szigorúan bebizonyította, hogy a Föld tengelyének minden 26,000 év után ugyanazon állócsillag felé kell irányúlnia. Így az a probléma, melyet Hipparchus vezetett az asztronómiába, csak 18 évszázad után oldatott meg teljesen.

Ugyancsak d'Alembert-nek sikerült egy a praec-zesszióval rokon, de sokkal újabb keletű tűneményt, azaz a Bradley feltalálta nutácziót ki-magyaráznia. Kiindúlva ugyanazokból az elvek-ből, melyek őt előbbeni munkájában vezérelték, eme tűnemények törvényeit is levezette; eredményei teljesen megfeleltek a tapasztalásnak.

Egy másik probléma, mely szintén csak a Newton utáni időkben volt megfejthető, a Föld alakjának elméleti meghatározása. volt. E feladattal már Newton és Huyghens is megpróbálkoztak, azonban az utóbbi számításaiban nagyon sok hipotézises elemre támaszkodott, Newton pedig az ő elméletét csak nagyon sok megszorítás alapján vezette le. A feladat teljes és általános megfejtése Clairaut-, d'Alembert- és Legendre-nak volt fentartva. A Földnek eredetileg folyós (máskülönben tetszés szerinti) állapotán s a ható erőkön kívül más föltevéseik nem valának s mégis sikerült a tapasztalással megegyező elméletet felállítaniok. Ugyancsak Clairaut-nak sikerült először a szintén Newton által fogalmazott háromtest-problémát megfejtenie.

Newton kimutatta, hogy az üstökösök, melyek az előtt az asztronómiai számítások körén kívül állottak, szintén Kepler törvényeinek hódolnak. Halley már bebizonyította, hogy pályáik zárt vonalak; megmutatta, hogy az 1531-, 1607- és

1682-ben megjelent üstökösök egy és ugyanaz az égi tűnemény valának.

Ez évszámok összehasonlításából kiderül, hogy valamely üstökös keringés-ideje nem állandó, s hogy a keringés-idők különbsége majdnem két évre rúghat. Ez eltérés okának feltalálása s az okból való kiszámítása Clairaut dicsőségét vala szaporítandó. Clairaut 1758-ban fogott a számításokhoz; fáradságos munkájának eredményéből kitűnt, hogy az említett üstökösnek keringés-idejében levő különbségeket a Jupiter és Saturnus vonzása idézi elő, hogy a Jupiter a keringés-időt 518 nappal, a Saturnus pedig 100 nappal késlelteti, minélfogva az üstökösnek a következő (1759) évben újra meg kell jelennie. Clairaut számításai helyesek valának: az üstökös az előre meghatározott időben és pályán valóban megjelent. Az asztronómia a nagy közönség előtt ennél föltünőbb diadalt addig még nem aratott; itt már nem oly eredményről volt szó, mely csak évek hosszu során át válik szembetűnővé, mint a praeczessziónál, vagy pedig csak nagyon gondos ész-

leletek által deríthető föl, mint a nutácziónál, a fény aberrációjánál vagy pedig a holdmozgásnál.

Hogy a Newton utáni időszak problémáinak természetével még közelebbről megismerkedjünk, csak még egy eredményt akarunk fölemlíteni.

Már az első embernek, ki fürkésző tekintetét az ég boltozatára vetette, föl kellett tennie, hogy holdunk mindig ugyanazt az oldalát fordítja felénk, azaz, hogy a földkörüli keringésének ideje teljesen megegyezik a tengelykörüli forgásának idejével. Ez a teljes megegyezés bizonyára csak bizonyos okok közreműködésével jöhetett létre. Ehhez még másik két tünemény járult, a melyek között ugyanaz a matematikai szigorúságú összhang van, mint az előbbiek között. Cassini föl fedezte, hogy a Hold pályájának és aequatorjának síkjai teljesen összeesnek, továbbá, hogy e két síknak teljesen megegyező praeczessziója van. E tünemények összességét a Hold libráció-

jának nevezzük. Benső összefüggésük föltűnő, s valóban sikerült e tüneményeknek törvényeit a Hold sajátzerű alakjából levezetni. E nehéz feladat megfejtésének dicsősége a Lagrange névhez fűződik.

Ha akkor, midőn a Hold megszilárdult, közelében vonzó égitest nem lett volna, gömbalakot vett volna föl s legfeljebb egyenlítője környékén dudorodott volna ki. Azonban a Föld vonzása következtében egyenlítője ellipszises alakot vett föl s középpontjával összekötő vonal irányában négyszerte nagyobb mértékben dagadt ki, mint az ezen vonalra függélyes irányban; ha valaki a Holdat oldalvást nézné, azt a Föld felé kinyúlt testnek látná. Ezek szerint a Holdat ingához hasonlíthatnók, mely ingának fölfüggesztés-pontja a kidudorodásnak tőlünk távolabb fekvő pontján van, és valamint az inga, ha ezt nyugalmi helyzetéből kilódítjuk, a Föld vonzása következtében, ismét a függélyes irányba térni törekszik, úgy a Holdat is, ha nagyobbik tengelye a Hold- és Földnek középpontjáig összekötő vonaltól eltér,

a Föld vonzása az ebbe a vonalba való visszatérésre kényszeríti. S ugyanez az erő egyenlítette ki a Hold keringési s tengelykörüli forgásának ideje közötti különbséget, ha ilyen csakugyan volt: ugyanez az erő egyenlítette ki a Hold pályájának síkja s egyenlítőjének síkja közötti különbséget.

A Holdnak azt az alakját, melyen a tünemények magyarázata alapszik, a Földről nem lehet ugyan látni, azonban Lagrange elméletének eredményei annyira megegyeznek a tapasztalással, hogy ama föltevést el nem vethetjük, ha csak egyidejűleg az általános gravitáció törvényében kételkedni nem akarunk. Ilyenek valának a főbb feladatok, melyek az észlelő asztronómiának és Newton gravitáció-mechanikájának kombinációjából eredtek. Ily problémák körében működött Laplace szelleme; a következő sorok feladata lesz, hogy e működés eredményeit főbb vonásaiban előtüntesse.

III. Az ár és az apály. - A praeczesszio. - A Hold librációja.

- A Jupiter és Saturnus egyenletlenségei. - A Jupiter-holdak törvényei.

Az ár és apály fizikai föltételeit Laplace hozta először számításba. Ezzel lehetségessé vált a tü-neményeket a legnagyobb pontossággal előre meghatározni, minek a tengerparti hajózásra fontos gyakorlati következményei valának. Míg Ga-lilei Kepler-nek azt a nézetét, mely szerint a Hold a tenger periódusos oszcillációira befo-lyással volna, képtelennek tartotta, másfél évszá-zad mulva Laplace ezt a nézetet nemcsak hogy szigorú elméleti alapra fektette, hanem ez elmé-letből váratlan következtetéseket is tudott vonni, mert az a szoros összefüggés, mely az ár és az apály tü-neményei és a Hold meg a Nap vonzó ereje között fönnáll, Laplace-nak alkalmat adott a Hold tömegének meghatározására, melynél a bresti kikötőben 20 év óta tett megfigyelésekre támaszkodott.

Azonban Laplace a tü-neményeket még egé-szen új szempontból, a tenger egyensúlyának és



állandóságának szempontjából is vizsgálat alá vetette. Ha a tengerek vize, mely a földfelületnek  $\frac{3}{4}$  részét borítja, esékeny egyensúlyban volna, akkor valamely nagyobb megrázkódtatást előidéző tünemény, például földrengés vagy valamely heves orkán elegendő volna, hogy a tengerek hullámait a kontinensekre vesse s a legmagasabb hegyek csúcsaira lódítsa. Azonban ily katasztrófától nem kell tartanunk: Laplace kimutatta, hogy a tengerek vize állékony egyensúlyban van; bizonyítása arra a föltevésre támaszkodik, hogy a víz sűrűsége kisebb mint a Föld belső folyós tömegének középsűrűsége, mely föltevést a Föld középsűrűségének meghatározásai hathatósan támogatják. Ha azonban a tengerek medenczéit a Földnél sűrűbb folyadék, például kéneső tölténébe, az állékony egyensúly megszűnnék, a hullámok medreikből kilépnének s a kontinenseket a legmagasabb régiókig elborítanák.

Laplace figyelme kiterjedt a légkör analog mozgásaira is. Ha a Hold apályt és dagályt légkörünkben is idézne elő, a barométernek e tüne-

mény miatt ingadoznia kellene. Laplace kimutatta, hogy a Holdnak valóban lehet ilyen befolyása, csakhogy a légkörnek dagálya által előidézett nyomásnövekedés az egy milliméternyi kénesőoszlop  $1/200$  részének felel meg, a mi az észleleti hibák határán jóval belül fekszik.

A praeczesszió elméletét, mint már említettük, d'Alembert vezette le először. Ezt követte Eulernek ugyane tárgyra vonatkozó munkája. Mind a két matematikusnak dolgozatában hézag maradt, melyet Laplace töltött ki.

D'Alembert és Euler munkái után még az a kérdés maradt fenn, vajjon a Föld fölületét borító víznek és levegőnek mozgásai nem alterálják-e a földtengely és az egyenlítő irányát? Laplace megmutatta, hogy ilyes föltevésnek alapja nincs, mert a praeczesszió tüneteméneinél a tengerek és a légkör úgy viselik magukat, mintha a kontinensek szilárd alkotó részei volnának.

Sőt mi több, Laplace bebizonyította, hogy, ha a földtengely iránya más okoknál fogva változást

szenvedne, a tengerek mozgása a víz mozgékonyágánál és azon ellenállásnál fogva, melyel az oszcillációk a partokon találkoznak, elegendő volna, hogy a földtengelyt ismét állandó irányba terelje.

A Hold librációjának elméletét Lagrange alaposan fejtette ugyan ki, de azért Laplace itt is kitölteni való hézagot talált. A Hold mozgása bizonyos háborgásoknak, az úgynevezett évszázados egyenletlenségeknek van alávetve; Lagrange ezeket elhanyagolta. Laplace bebizonyította, hogy ezek a háborgások idők folytán annyira növekednek, hogy a Hold pályájának felével, másfelével stb. maradna el attól a ponttól, melyben ama háborgások nélkül különben lennie kellene. Ebből már most az következne, hogy évszázadok múlva a Hold más-más oldalával fordulna felénk, de Laplace bebizonyította azt is, hogy a Föld is alá van vetve ilyen százados változásoknak, melyek a Hold változásaival lépést tartván, a Hold mégis ugyanazt az oldalát fordítja felénk.

Halley kiszámította egy holdfogyatkozást, mely Babylonban észleltetett s a melyről Ptolemaeus az Almagest-ben említést tesz. Ez a teljes fogyatkozás, mely a Juliánus naptárra vonatkoztatva Kr. e. 720-ban márcz. 9-én történt, Ptolemaeus szerint a Hold fölkelte után több mint egy órával kezdődött. Ez adatokból körülbelül meg lehet határozni a fogyatkozás közepét Babylonra nézve. Azonban Halley számítása, melyet legjobb táblák szerint hajtott végre, azt mutatta, hogy a fogyatkozásnak a Hold múlt századbeli mozgása szerint három órával korábban kellett volna kezdődnie, vagyis a Hold mozgása azon idő óta jelentékenyen gyorsult. Ugyanazt az eljárást Ebn-Junis-nak Kairóban tett középkori észleletére alkalmazva, hasonló eredmény jött ki. Dunthorn, Lalande és Mayer számításaiból is ugyanazt a következtetést kellett vonni.

A régibb s az újabb észleletek összehasonlításából még az is kiderült, hogy a Jupiter mozgása is állandóan gyorsul, holott a Saturnusé állandóan lassul. Mindezek az észleletek az elfogadott

magyarázatok szerint azt jelentették, hogy a Hold és a Jupiter a megfelelő vonzás-centrumhoz közelednek, a Saturnus pedig a centrumtól távozik; tehát a Holdnak utóvégre a Földre, Jupiternek pedig a Napra kellene esnie, holott Saturnusnak oly messze régiókba kellene távoznia, hogy azt már a legerősebb messzelátóval sem lehetne észlelni. A naprendszer fölbomlása csak az idő kérdésének látszott lenni.

Az észleletekből kitűnt ugyan, hogy e szélső állapot csak rendkívül hosszú idő múlva fog bekövetkezni, de azért a párisi akadémia, az igazság kiderítése érdekében, nagy díját négy éven át a Hold elméletére tűzte ki. A feladattal Euler és Lagrange is megmérkőztek, de fáradságuk sikertelen maradt, sőt Euler kijelenté, hogy az attrakció a Hold százados egyenletlenségeinek oka nem lehet.

A feladat, melynek megfejtése Lagrange és Euler-nek nem sikerült, megfejthetetlennek látszott. Azonban Laplace egy sikertelen első kísér-

let után most is föllelte az okokat, melyeknek figyelembe vétele nélkül a megfejtés nem sikerülhetett. A Föld a Nap körül ellipszisben kering ugyan, de ez az ellipszis a meglevő háborgások miatt a köralakhoz majd közeledik, majd pedig távozik, vagyis az ellipszis középpontkívvülisége hol nő, hol fogy. A legrégibb észleletek ideje óta a középpontkívvüliség fogy ugyan, de hosszú idő múlva be fog következni olyan időpont, melytől kezdve ismét növekedni fog.

Ez volt az a körülmény, melyet Laplace figyelembe vett. Megmutatta, hogy a Hold keringésének középsebessége lényegesen összefügg a földpálya geometriai alakjával. Ha ennek a középpontkívvülisége fogy, a Hold keringésének gyorsulnia kell; a fogyatkozásból a gyorsulás meghatározható.

Másképen áll a dolog a Jupiter és a Saturnus háborgásaival, melyeket csupán e két égitestnek egymásra gyakorolt hatásai idéznek elő. Laplace azt találta, hogy e háborgások a két égitest sebes-

ségei között fönnálló viszony miatt (a Saturnus ötszörös sebessége egyenlő a Jupiter kétszeres sebességével) oly természetűek, hogy a Jupiter mozgásának gyorsúlnia, a Saturnusénak pedig lassúlnia kell. E gyorsulások és lassulások, ám-bár 900 éves periodusokban következnek egymásután, mégis csak periodusosak, tehát a naprendszer állandósága e tekintetben is biztosítva van. A feladatnak ilyenén megfejtése után nem volt többé helye Euler ama kételyének, mely szerint az általános gravitáció valamennyi égi tüne-mény kimagyarázására nem látszik elegendőnek.

A Jupiter holdjainak, emez apró égitesteknek, az asztronómia történetében fontos szerep jutott. Galilei, Borelli és Römer vizsgálatai után Laplace-éi következtek.

Laplace meghatározta e holdak tömegét és ezután viszonylagos helyzetükre és sebességükre vonatkozó egyszerű törvényeket vezetett le.

IV. A naprendszer állandósága. - A nehézségi erő szukcessziv terjedése.

- A Földnek a Naptól való távolsága. - A föld-gömb közép-lapúltsága. -

A Föld forgás-sebessége. - A Saturnus-gyűrűk.

Az Ég Mechanikájá-nak második része első sorban az asztronómiai tabellák tökéletesbítésének van szentelve. Itt figyelembe vették a bolygók és az üstökösök napköri s a holdaknak a bolygójuk körüli mozgásainak háborgásai.

Ennél bonyolódottabb feladat ritkán oldatott meg. Maga Newton, midőn felsorolta azt a sok erőt, melyek az égitestek kölcsönhatásaiból erednek, a folytonos irány-, sebesség- és alakváltozásokban a bonyodalmak végnélküli sorát látta s megzsibbadt lélekkel állott az útvesztő kapuja előtt. Nem hihette, hogy naprendszerünk magában hordja a korlátlan időkre nyúló állandóság elemeit, s a rend fentartását valamely felsőbb kéz közbenjárásától várta. Euler, bár a háborgások ismeretében Newton-t már messze túlszárnyalta, a naprendszer örökkévalóságában még sem bízott.



Az általánosnak látszó zűrzavarba Laplace hozott rendet. A mit Holdunk, a Saturnus, a Jupiter s ez utóbbi holdjainak elméletéből következtetett, mindez csak része volt ama nagy munkának, mely az örökös rendnek törvényeit tárta föl. Az általánosnak látszó rendetlenséget Laplace hosszú és beható vizsgálatai következő tényekre redukálták: a bolygók pályái folytonos változásoknak vannak alávetve; a nagytengelyek végpontjai a tért minden irányban befutják; a pályák síkjai, nem tekintve az ingó mozgásokat, eltolódást szenvednek s ennél fogva a földpálya síkjaival képezett metszési vonalaik minden évben más irányt vesznek föl. Azonban e látszólagos rendetlenségben van egy elem, mely az állandó rendről kezeskedik: mindegyik pálya nagytengelye s ennél fogva a keringés-idők is állandók maradnak, vagy legfeljebb csak igen kicsiny periodusos változásokat szenvedhetnek. "Ha az általános nehézség, mondja Arago, elégséges a naprendszer fenntartására; ha ez az erő a naprendszert középállapotban, melytől csak igen kevéssé térhet el, meg-

tartja; ha a változatosság nem von maga után rendetlenséget; ha a világban azt a tökéletességet és harmóniát látjuk, melyben maga Newton kételkedett: mindennek oka oly körülményekben rejlik, melyeket Laplace kalkulus útján puhatolt ki..... A bolygók ugyanabban az értelemben, kicsiny középpontkívüliségű s egymáshoz kevéssé hajló pályákban mozognak; tegyük ezek helyébe másokat, melyek ugyanezeknek a föltételeknek nincsenek alávetve, a világ állandósága újra kérdésessé válik; nagy a valószínűség, hogy a legborzasztóbb chaosz keletkeznék. Bár a szóban forgó munka megjelenése óta a bolygópályák nagytengelyeinek állandósága még tökéletesebb módon s még tovább kifejtett matematikai approximációkkal be lőn bizonyítva, az mégis az Ég Mechanikája szerzőjének legbámulatosabb műve marad."

Laplace, még mielőtt a holdmozgás gyorsulásának okát a földpálya középpontkívüliségének fogatkozásában feltalálta volna, megvizsgálta, vajjon e rejtélyes gyorsulásnak oka nem rejlik-e

a nehézségi erő szukcresszív tovaerjedésében. Számításaiból kiderült, hogy e hipothézisnek némi valószínűsége lehet, sőt a háborgás a tovaerjedési sebességgel oly összefüggésben van, hogy az első adottnak föltételezve, az utóbbi kiszámítható. Mivel azonban e háborgás problémája teljesen megfejtett, a nélkül, hogy az okot a nehézségi erő tovaerjedési sebességében kellett volna keresni, a matematikailag kiszámítható sebességnek épen csak matematikai szempontból van lehetősége; különben is, ez a sebesség a fény sebességénél legalább is ötvenmilliószorta nagyobb.

A holdmozgás elmélete Laplace-ot még sok más fontos kérdés megfejtésére vezette. Elég lesz, ha ezek közül itt hármat említünk föl.

A Nap a Hold mozgásában háborgásokat idéz elő, melyek nagysága szorosan összefügg a Holdnak a Naptól való távolságával. Mivel pedig egyrésről a háborgás nagysága észlelet által meghatározható, más résről pedig a háborgás és

a távolság közötti összefüggés matematikailag kifejezhető, a két égitestnek egymástól való távolsága kiszámítható. E módszert Tobias Mayer alkalmazta először a Nap parallaxisának meghatározására s Laplace különös gondot fordított eme módszerre, mely nem ad ugyan oly pontos eredményeket, mint a Halley ajánlotta Vénusz-átvonulások megfigyelése, de az a jó oldala van, hogy nem jár költséges és fáradságos expedíciókkal, mert a Földnek egy és ugyanazon a pontján hajtható végre.

A holdmozgásból vont második eredmény a földgömb lapultságának meghatározása volt. A Hold mozgása alá van vetve a Föld vonzásának; mivel pedig a Föld nem tökéletes gömb, lapultságának a holdmozgásra szükségképen befolyással kell lennie, szóval, ama mozgásban lesz olyas valami, ami a Föld alakját jellemzi. S valóban, Laplace kétféle olyan háborgást ismert föl, a melyek teljesen megfeleltek várakozásának. Nyilván való, hogy a háborgásokból kiszámított érték a Földnek általános vagy talán helyesebben

mondva, közélapultságát adja, de éppen ebben rejlik Laplace módszerének jó oldala, mert a fokmérésekkel meghatározott lapultságok éppen csak arra a környékre vonatkoznak, melyen a mérés történt, s a némely feladatnál igen fontos középlapultság meghatározására számtalan mérés eredményét kellene ismernünk. Laplace módszerei szerint "a matematikában jártas észlelő, ki dolgozószobáját sohasem hagyta volna el, ki sohasem látta volna másképen az eget, mint a szobája változatlan irányú szűk nyílásán át, azaz ama függélyes sík irányában, melyben az asztronómiai fontosabb műszerek mozognak: az észlelő, ki a feje fölött keringő csillagokról sohasem hallott egyebet, mint hogy egymást Newton törvénye szerint vonzzák: az analízis hatalmával mégis képes volna fölfedezni, hogy az ő szerény és szűk hajléka ellipszoidos lapultságú gömbön van, melynek egyenlítői tengelye a forgási tengelyét  $1/306$ -dal múlja fölül; az észlelő, ki mindig el van zárva, ki mindig mozdulatlan, meghatározhatná, hogy milyen messzire van ő a Naptól."

A harmadik eredmény, melyet Laplace a holdmozgásból levezetett, az volt, hogy a Föld forgási sebessége, tehát a földi napnak hosszúsága is idők folytán állandó marad. Buffon és Bailly elméletei szerint a Föld gyors kihűlésnek van kitéve. A kihűlő test összehúzódik, s a mechanika törvénye szerint valamely forgó testnek, ha méretei kisebbednek, gyorsabb forgásnak kell indulnia. Ha tehát a Föld kihűl, a napok hosszának fogyniuk kell. Azonban Laplace kimutatta, hogy ősi idők óta, vagy legalább amióta csillagászati észleletek tétettek, a nap hosszúsága nem változott; ugyanis a különböző időkben tett észleletek arról tanúskodnak, hogy az az ív, melyet a Hold a Föld egy körforgásának ideje alatt az égboltozaton leírt, mindenkor egyenlő volt, tehát a nap hosszúsága nem változott.

Arago szerint Laplace eme számításai Buffon és Bailly nézeteit "egy tollvonással" megsemmisítették, s hozzá teszi, hogy "a matematika a tudományos regényeknek mindenkor engesztelhetetlen ellensége." Azonban az utóbbi állítás he-

lyességét az első állítás nem bizonyítja. Ugyanis Cordier vulkános elmélete szerint a Föld szilárd kérgé a kihűlés miatt folytonosan összehúzódik s a Földnek belső, hevenfolyó tömegére szorító hatást gyakorol: innét erednek a földrengések és a láva-kitörések. Humboldt szerint is a vulkáni tü-nemények nem egyebek, mint a Föld hevenfolyó tömegének reakciója a Föld szilárd kérgére. Cordier szerint a Föld nem csupán egyszerű kisu-gárzás, hanem a kitörő lávatömegek által is folytonosan hűl, tehát kétszeres okból is összehúzódik; tehát Cordier elmélete épen úgy ellenkezik Laplace számításaival, mint a Buffon nézetei. S Robert Mayer mégis elfogadja Cordier régóta mellőzött nézeteit s ezekkel együtt a Föld kihűlés-elméletét.

Miképen egyezteteti össze a mechanikai hőelmélet megalapítója a kihűlés- és összehúzódás-elméletet Laplace számításaival?

Mayer, ki a Föld s a többi égitest melegét dinamikai eredetűnek tartja, azt a körülményt, hogy a

Föld a kihűlés daczára sem indul sebesebb forgásnak, az ár-apálnak tulajdonítja. E tüneményeknek az ő megközelítő számításai szerint elegendő erélyük van arra, hogy a Föld forgás-sebességét kisebbítve, a kihűlés gyorsító befolyását kompenzálják. Mayer a Föld forgás-idejében három nagy periodust különböztet meg: az első periodus a növekvő forgás-sebességé, midőn az izzó földtömeg kihűlésének hatása túlnyomta az ár-apály fékező hatását; a második periodus az egyensúlyé, midőn e két hatás már kiegyenlődött, a mely periodusban jelenleg is élünk; a harmadik periodus az lesz, midőn az ár-apály fékező hatása a kihűlést már túlnyomja, tehát a Föld forgása lassulni fog.

Laplace valamennyi vizsgálatának még a lehető legrövidebb taglalása is sokkal több tért venne igénybe, mint a mennyit feladatunk elénk szab; a legfontosabbakat már előterjesztettük. Még csak Saturnusra vonatkozó dolgozatairól fogunk egyetmást elmondani.



A Saturnus, mint naprendszerünknek egyik legkiválóbb jelensége, régóta foglalkoztatta a csillagászokat. Galilei, Hevel, Huyghens, Cassini és Herschel egyaránt kiváló figyelemmel voltak e csodálatos égitest iránt. Abban az időben, midőn azt Laplace tette vizsgálatai tárgyává, senkisé tudta, vajjon gyűrűi szintén forognak-e; az észlelők azokon semmi foltot vagy dudorodást, melyből afféle következtetést vonni lehetne, észre nem vettek.

Miféle mechanizmus miatt marad meg e "pilérek nélküli kolosszális híd" állandóan a bolygó körül? Ez volt a megfejtendő kérdés.

"Nem valószínű, mondja Laplace, hogy a megmaradás oka csupán a molekulák összetartása, mert az esetben a Saturnushoz közel eső részek a nehézség fokozódó hatásai miatt a gyűrűktől elváltak volna s a gyűrűk végtére elpusztultak volna.... E gyűrűk tehát ellenállás nélkül s csupán az egyensúly törvényei következtében tartják fenn magukat; de hogy ez így lehessen, föl kell téte-

leznünk, hogy a Saturnus középpontján átmenő és síkjukra függélyes tengely körül forognak, hogy így a bolygó felé irányuló nehézségük a mozgás centrífugális erejével egyensúlyoztas-sék." Laplace eme nézeteit matematikai alapra fektetvén, meghatározta a gyűrűk alakját, közép-sűrűségüknek a Saturnus sűrűségéhez való viszonyát s forgássebességüket. A számításnak ez utóbbi eredménye teljesen összevágott Herschel-nek később rendkívül finom eszközökkel tett ész-leleti eredményeivel.

Laplace észrevette még azt is, hogy a gyűrűk-nek, a Saturnustól való különböző távolságaik miatt, a Nap hatása következtében különböző praeczesszióval kellene bírniok, tehát síkjaiknak egymáshoz hajolniok kellene, holott az észleletek azt mutatják, hogy a gyűrűk síkjai teljesen össze-esnek. Ennélfogva kell, hogy bizonyos ok a Nap-nak hatását ellensúlyozza. Laplace valóban ki-mutatta, hogy ez az ok a Saturnus lapultságában keresendő, s a lapultság ismét a bolygó gyors forgásának eredménye. Laplace ez eredményeket

1789 febr. havában tette közzé; kilencz hónap múlva Herschel ama forgás jelenlétét kimutatta. "Látni való, hogy bizonyos esetekben a szellem szemei a leghatalmasabb teleszkópot pótolhatják." V.

Laplace kozmogoniája - Az "Exposition du Système du Monde."

Laplace a merész és bizonytalan hipotéziseket legnagyobb óvatossággal kerülte, s mindig biztos számításoknak alávethető tények körében maradt. Csak egyszer lépett ki ebből a körből, mely a neki hevült képzeletet nehéz járom alá veti; csak egyszer tette félre az analízis eszközeit, hogy, úgyszólván, fegyvertelen kézzel arasson diadalt egy igen nehéz probléma fölött.

Laplace egy kozmogonia-tervet dolgozott ki. A tárgy Laplace szelleméhez egészen méltó volt, s bár a kidolgozott terv nem nyugszik szigorú dedukciók alapján, mégis magán hordja a biztosan számító szellemi tevékenységnek jellemét. Laplace kozmogoniája, vagy ha úgy tetszik, ködhi-

pothézise, már első megjelenése alkalmával népszerűvé vált, miért is elegendő lesz, ha Laplace elméletének csak főbb vonásait tüntetjük föl.

Naprendszerünknek egyik legnevezetesebb sajátja az, hogy a benne előforduló mozgások ugyanabban az értelemben mennek végbe. Valamennyi bolygó nyugatról kelet felé kering a Nap körül; mindazok a bolygók és holdak, melyeknél tengely-körüli forgás észleltetett, ugyancsak nyugatról kelet felé forognak; végre, a Napnak tengelykörüli forgása is ugyanebben az irányban megy végbe.

Ha mindezeket az ugyanazon irányú mozgásokat összevetjük, nagyon közel fekszik az a gondolat, hogy e mozgások nem a véletlennek szüleményei, hanem hogy egy és ugyanaz a keletkezési módjuk van. Eme nézet a valószínűség-számítás elveivel matematikailag megerősítettik: négyezermilliót lehet tenni egy ellen, hogy a mozgásirányok megegyezése nem a véletlen szüleménye.

De hát miként keletkeztek a mozgások? Az ezen kérdésre adható felelet csak hipotézis jellegű lehet.

Laplace szerint a Nap ősi időkben mérhetetlen kiterjedésű s igen magas mérsékletű ködtömegnek fokozatosan gyarapodó középponti magva volt. A hipotézis első sarkpontja már most az, hogy az egész ködtömeg nyugatról kelet felé forgott, a második sarkpontja pedig, hogy az egész ködtömeg fokozatosan lehűlt. A lehűlés következménye az összehúzódás, emennek pedig a gyorsabb forgás-sebesség volt. A forgó ködtömeg egyenlítőjének ama környékén, hol a tömeg középponti vonzása, a centrifugális erővel egyensúlyban volt, az összesűrűsödött gőztömegek a többiektől elváltak s egyenlítői övet alkottak, a melynek forgás-sebessége az eredeti sebességtől eltért. Ilyen övek egymásra következő különböző időkben, tehát a középponttól különböző távolságokban keletkezhettek; mindezek az övek megközelítőleg egy síkban feküdtek s különböző sebességekkel voltak ellátva. Hogy e gyűrűk ál-

landóan megmaradjanak, fizikai szerkezetüknek is változatlannak kellett volna maradnia. De az ily szabályosságnak nagyon kevés a valószínűsége, minélfogva föltehető, hogy az egyes gyűrűk szétszakadoztak egyes darabokra, melyek a mellett, hogy gömbalakot vettek föl, az eredeti forgás-irányt megtartották, hogy már most az egyes gömbök másokat arra kényszerítsenek, hogy körülöttük keringjenek, arra nem kellett egyéb, mint hogy az előbbienek tömege az utóbbiakéhoz képest túlnyomó nagy lett légyen. Ezek után mindegyik különvált tömeggel, vagyis mindegyik bolygóval ugyanaz történt, a mi azelőtt az egész ködtömeggel történt: a bolygók középponti magva folyton gyarapodott s az azokat környező gőztömegekben ismét gyűrűk keletkeztek, melyek esetleg ismét szétszakadhattak. A mellék-bolygók és a Saturnus-gyűrűk keletkezése ily módon ki volna magyarázva.

Ez elmélkedés által a naprendszer valamennyi jellemző tünete, az egyirányú mozgások, a lapultságok, a holdak és a Saturnus gyűrűk egy-

séges keletkezés-módra vannak visszavezetve. A keletkezés módja két tényezőn sarkallik: az első tényező a kihülés által folytonosan sűrűsödő és gyarapodó tömegeknek középponti vonzása: a második tényező pedig az egész ködtömegnek eredeti forgó mozgása. Az első tényezőt, a középponti vonzást, a tömegek vonzásában jelenleg is feltaláljuk, s az eredetét illetőleg az anyaggal szorosan összefüggő tulajdonságnak tarthatjuk. Másképen áll a dolog a másik tényezővel. Az eredeti forgó mozgás nem lehetett a középponti vonzás eredménye, hanem inkább valamely oldalagos taszító erő eredményének látszik lenni. Honnét jött ez a taszító erő? E kérdésre a gravitáció-mechanika nem ad feleletet, s teljesen indokoltnak látszik J. J. Rousseau-nak ez a híressé vált mondása: "Mondd meg nekünk Descartes, melyik fizikai törvény mozgatja az örvényeket; mutasd meg nekünk Newton, azt a kezet, mely a bolygókat pályáikon az érintő irányában tovalódította!"

Úgy látszik, mintha Laplace Rousseau kívánságának is eleget akart volna tenni, még pedig olyformán, hogy megtámadta magát azt a nézetet, mely szerint "maga a pusztá vonzás a világot csakhamar átalakítaná mozdulatlan tömeggé." Laplace azt állította, hogy ha három nyugvó test közül kettőnek sokkal nagyobb tömege van mint a harmadiknak, ezek csak kivételes esetekben fognak egy tömeggé egyesülni; általában a nagyobbik két tömeg fog összeverődni, holott a harmadik a közös súlypont körül fog mozogni. E szerint az a hatás is, mely tisztán csak valamely taszító erő következményeinek látszik lenni, szintén az attrakcióra volna visszavezetve s a naprendszer keletkezése csak egyféle erőnek volna tulajdonítandó.

Laplace szerint az üstökösök eredetileg nem tartoztak naprendszerünkhöz. Ez égitestek úgy tekintendők, mint a térben kóborgó kisebb kiterjedésű gőztömegek, melyek a Nap vonzó hatásától eredeti irányaiktól eltérítették. Azok az üstökösök, melyek a nagy gőztömeg megsűrűsö-



dése és a bolygók képződése alkalmával a Nap hatáskörébe jutottak, először a bolygók pályáit a Nap egyenlítőjének síkjától térítették el s végre spirálforma vonalakban a Napra zuhantak.

Az egyedüli elmélet, mely Laplace elmélete mellett figyelembe vehető volna, a Kant-é. Mégis nagyon sajtáságosnak kell tartanunk azoknak nézetét, kik a Laplace-féle és a Kant-féle kozmogoniát egyrangú elméleteknek tekintik. Előfordult még az az eset is, hogy a Kant nézeteit, a mennyiben ezek egyben-másban a Laplace-éival összevágának, a Laplace elméletének támogatására hozták föl! Nem feladatunk, hogy avval a kérdéssel foglalkozzunk, vajjon a Kant mechanikai természetnézlete vagy általában mechanikai tudása a Laplace-é mellett mennyiben jöhet szóba, csak azt akarjuk jelezni, hogy a Kant nézetei a Laplace-éival annyiban összeegyeznek, a mennyiben az előbbeni is fölvesz ősi ködtömeget, melynek vonzódás- és tömörülés-törekvéseiből a bolygórendszer keletkezett, de a köd-tömegnek eredeti mechanikai állapotáról, a sűrűsödési folyamatok-

ról, a mozgások létrejöttének mechanikai értelmezéséről a Kant elmélete bennünket föl nem világosít. Kant az általános nehézség mellett még kölcsönös akadályokat s ezek alapján a részecskék oldalagos eltérését tételezi föl, holott a gravitációmechanika a vonzó erőkkel szemben föllépő akadályokat és oldalagos eltéréseket nem ismer, minélfogva Kant elmélete, nem tekintve a fogalmak szigorú összekapcsolásának hiányát, már alapjában sem vág össze a gravitációs mechanikával, tehát a mechanikai kozmogoniának nélkülözhetetlen elemeit sem foglalja magában. Ily körülmények között a Laplace elmélete, mindamellett, hogy ez sem a közvetetlen észleleteknek vagy számításoknak eredménye, a Kant-éval szemben jól átgondolt s minden mechanikai tényezőt számba vevő alapos rendszerként tűnik föl. Laplace a nézeteit sohasem becsülte túl s maga is érezte, hogy igen sok kérdésre adós maradt a felelettel, de a mennyiben az ilyes feladat megoldhatósága egyáltalában szóba jöhet, akkoriban a lehető legjobb megoldást hozta létre.

Az Exposition du Système du Monde a következő öt könyvre van fölosztva: I. k. Az égitestek látszólagos mozgásáról. - II. k. Az égitestek valódi mozgásáról. - III. k. A mozgás törvényeiről. - IV. k. Az általános nehézség elméletéről. - V. k. Az asztronómia történetének vázlata.

E műről Arago a következőképen ítél: "Az Exposition du Système du Monde nem egyéb mint a Mecanique céleste, megszabadítva az analízis formuláinak ama nagy készletétől, melyen át kell vergődnie minden csillagásznak, ki, Plato szavaival élve, tudni akarja, hogy mely számok kormányozzák a világot; e műből a matematikában járatanok tiszta és elegendő fogalmat meríthetnek szelleméről ama módszereknek, melyeknek a fizikai asztronómia bámulatos haladását köszönheti. Ezt a nemes egyszerűséggel, a leggondosabb szabatossággal s választékos kifejezésekkel írt művet befejezi az asztronómia történetének vázlata, melyet az egyhangú vélemény a francia nyelv legszebb emlékei közé soroz."

VI. Hajcsövesség. - A hang terjedés-sebessége.  
- A valószínűségek elmélete.

Az elméleti asztronómia Laplace-nak legkedvesebb tárgya volt; azonban nemcsak az asztronómia és a matematika, hanem a fizika is igen sokat köszönhet Laplace-nak.

Lavoisier-vel szövetkezve hőtani kísérleteket tett, a melyek mintegy előfutói valának ama szép eredményeknek, melyeket a kalorimétria később létrehozandó volt. A Laplace által egyedül végrehajtott vizsgálatokról, melyek a statikai elektromosság törvényeire, a refrakcióra és a barométeres magasságmérésre vonatkoznak, csak annyit akarunk megjegyezni, hogy itt is a meglevő elméleteket bővítette, szabatosabbakká tette és föltüntette a tűneményeknek ama sajátságait, melyek a megelőző bűvárok figyelmét kikerülték, vagy figyelembe vehetők még nem valának. Van azonban Laplace-nak olyan két dolgozata, melyekben szellemének feltaláló képességét kiváló

mértékben ragyogtatta. E dolgozatok a hajcsövességre és a hang sebességére vonatkoznak.

A hajcsöves tünemények alapelvéül Laplace a folyadék-részek egymás közötti, valamint a folyadékok és a velük érintkező szilárd testek részecskéi közötti vonzást vette föl. E vonzó erők csak mérhetetlen távolságokon át gyakorolnak mérhető hatást, s az erők eme sajátása azonnal megérteti velünk a tárgy kényes természetét.

Valóban, a hajcsöves tünemények az ókoriaknál, bár előttük ismeretlenek nem lehettek, vizsgálatoknak vagy legalább alaposabb megfigyeléseknek tárgyai nem valának. E tüneményekre Leonardo da Vinci fordított először figyelmet; az első, ki azokat nem valami találó módon magyarázta, Borelli volt. Hooke és Bernoulli Jakab a víz emelkedését a légnyomás egyenletlenségeinek tulajdonították, azonban e nézet helytelenségét már a flórenczi akadémikusok megczáfolták. Carrée volt az első, ki figyelembe vette a folyadékok és a szilárd testek közötti molekulás von-

zásokat (1705); Taylor már meghatározta hiperbola-alakját ama folyadékoszlopnak, mely vízbe mártott s egymáshoz csekély hajlású két üveglap között fölemelkedik.

E csekély előmunkálatok után annál nagyobb érdem illeti Clairaut-t, ki a szóban forgó tüneményeket matematikailag először tárgyalta s kimutatta a molekulás vonzások szerepét. Laplace Clairaut elveit újra figyelembe vette s azokhoz csatlakozva, az elméletet kifejtette.

A folyadékrészecskék közötti kölcsönös vonzás következtében a folyadékok fölülete sajátos feszült állapotba jut. A folyadék belsejében azok a hatások, melyek valamely folyadékrészecskére gyakoroltatnak, e részecskét körülövező kicsiny gömbnek, a hatásgömbnek molekuláitól erednek, minélfogva a hatások

egymást lerontják. Ellenben a folyadék fölületéhez közel levő részecskékre gyakorolt hatásokat csak a hatásgömbnek kisebb-nagyobb részei idézik elő, a molekulás hatásoknak van bizonyos

eredőjük, mely a molekulát az alsóbb rétegekhez szorítja. Ez a szorító erő a folyadék fölületén levő részecskéknél a legnagyobb, azonban lényegesen függ a fölület alakjától; legnagyobb, ha ez az alak domború, legkisebb, ha homorú, sík fölületnél pedig bizonyos középértéke van.

A szorító erőnek a folyadékfölület alakjától függő eme különböző értékei már elegendők, hogy velük a homorú fölületű folyadékok emelkedését és a domború fölületűek süllyedését a szűk csövekben kimagyarázhassuk. Csak még az a kérdés fejtendő meg, hogy honnét ered a fölületeknek homorú vagy domború alakja? Laplace magyarázata szerint ezek az alakok az edény és a folyadék részecskéinek kölcsönhatásából erednek. Ha e hatások statikai eredményét vizsgáljuk, azt látjuk, hogy ott, ahol az edény falai a folyadékkal érintkeznek, az utóbbinak fölülete homorú, sík, vagy domború a szerint, a mint az egyenmű folyadék részecskék vonzása kisebb, egyenlő, vagy nagyobb az edény és a folyadék különneű részecskéi közötti vonzásoknál.

Laplace kigondolt egy rendkívül egyszerű kísérletet, melylyel be lehet bizonyítani, hogy a folyadékok emelkedése vagy süllyedése a hajcsövekben csakugyan nem függ egyébtől, mint a folyadékfölületek alakjától. E kísérlet azóta minden tankönyvben le van írva.

Laplace az elméleti úton kapott eredményeknek kísérleti igazolására Gay-Lussac-ot kérte föl. Gay-Lussac kísérletei első sorban a fölemelt folyadékoszlopok magasságaira vonatkoznak s az elmélettel teljes összhangzásban vannak. Ez eredmények a Méc. cèleste X-ik könyvéhez vannak csatolva.

Laplace elméletének csak egy hibája van. Laplace a folyadék sűrűségét mindenütt egyenlőnek tételezte föl. Már pedig könnyű belátni, hogy ott, ahol a folyadékreszecskekre nagyobb hatás, például valamely szilárd faltól eredő vonzás gyakoroltatik, ott a molekulák is összeszorúlnak, tehát a folyadék sűrűbbé válik. E sűrűbb rétegek a szomszédos rétegekre ismét nagyobb hatást gya-



korolnak mint a közönséges sűrűségű rétegek, tehát a szomszédos rétegekben is sűrűségnövekedés áll be, és így tovább. E sűrűségváltozásokat Poisson vette először figyelembe s ez által a Laplace elméletét szabatosabbá tette.

Laplace fizikai munkáiról szólva, alig említhetnénk föl érdekesebbet, mint a hang terjedésszerűségére vonatkozó dolgozatát. Laplace-nak ez a munkája, hozzá véve az ugyane tárgyra vonatkozó többi elméleti és kísérleti vizsgálatot, a fizika történetének egyik igen érdekes fejezete. Itt lehet a legjobban látni, hogy az igazság földerítése néha mennyi munkába és fáradságba kerül, de egyszersmind látni lehet azt is, hogy a természeti erők kölcsönhatásai néha oly sajátságos jelenségekben nyilvánúlnak, hogy a kölcsönösség fölismerése a legkiválóbb szellemek munkáját igényli.

Newton meghatározta a hang sebességét elméleti úton. Levezetésénél csak mechanikai elvekre támaszkodott, a levegő fizikai konstitúciójára

nézve pedig föltette, hogy az szorosan követi a Mariotte törvényét.

A sebesség kísérleti meghatározásával igen sok fizikus foglalkozott. A régebbi, valamint a Newton idejében tett kísérletek eredményei egymástól mindannyian eltértek, de abban az egyben mindannyian megegyeztek, hogy nagyobb számot adtak, mint a mekkora a Newton formulájából következik. Ily ellenmondó eredmények között nehéz volt eligazodni. Voltak olyanok, kik nem bíztak a Newton elméletének helyességében; Mairan azt állította, hogy a levegő különböző rugalmasságú részecskékből van összetéve s a részecskék mindegyike csak bizonyos magasságú hangot képes továbbvezetni, mert különben hogy terjedhetne a levegőben egyidejűleg oly sokféle hang!

Ily körülmények között a teljesen megbízható kísérleti eredményeknek kétszeres fontossága volt. A párisi akadémia a kísérletek megtételére 1738-ban külön bizottságot küldött ki. E bizott-

ság tagjai Cassini de Thury, Maraldi és Lacaille valának. A valamennyi megelőzőnél pontosabb kísérletek eredményül 1038 párisi lábat adtak.

Ez a szám is kelleténél nagyobb volt. Talán a levegő mérsékletének van valamely különös befolyása? E fontos kérdés fölvetését is az elmélet és a tapasztalás közötti ellenmondás eredményezte.

Bianconi 1740-ben Bolognában, Condamine pedig 1747-ben Quitoban és Cayenne-ben csakugyan kimutatták, hogy a levegő magasabb mérséklete a hang terjedését gyorsítja, de e kísérletek sem hozhatták létre a régóta keresett összhangot. Most már világosan látszott, hogy egyszerű kísérletek nem segítenek s hogy a kérdés megfejtését csak elméleti vizsgálatoktól lehet várni. Az experimentátorok átengedték a tért a matematikusoknak.

A genfi Gabriel Cramer volt az első, a ki a Newton elméletét revízió alá vetette, de ellenvetései találóak épen nem valának. Utána Euler kö-

vetkezett. A híres matematikus azt állította, hogy a Newton elmélete, addig míg csak egy impulzusról van szó, helyes ugyan, de az egymásután következő impulzusok a hang sebességét gyorsítják. E nézet helytelensége szembetűnő: e nézet szerint a magasabb hangoknak, melyeknél az impulzusok gyorsabban következnek egymásután, gyorsabban kellene terjedniök, mint a mélyeknek. Euler ezt belátta, s később e nézetét vissza is vonta.

Ezután történt, hogy a kérdést a lángeszű Lagrange vette föl s a homályban egyszerre világosság kezdett derengeni. Lagrange volt az első, ki a baj elevenjére tapintott. Az e tárgyról írt értekezéseinek másodikában ama nézetének adott kifejezést, hogy az eltérés oka csakis a Mariotte törvényében keresendő, és hogy az ellenmondás megszűnik, ha fölteszszük, hogy a levegő kisebb mértékben nyomható össze, mint a Mariotte törvénye kívánja. E megjegyzésnek, bár egészen helyes volt, hasznos következményei még sem valának, mert először is ki kellett volna mutatni,

hogy a levegő csakugyan a mondott irányban tér el Mariotte törvényétől, másodszor pedig, hogy ez az eltérés épen akkora, mint a mekkorának az ellenmondás kiegyenlítése megkívánja. Az utóbbit Lagrange maga sem hitte, miért is az eltérést ismét csak a kísérleti eredmények hibás voltának tulajdonította. Azonban e megjegyzésnek az utolsó kísérletekkel szemben semmi alapja nem volt, mert ha e kísérletek hibásak voltak is, a hiba az egész érték  $1/6$  részére még sem rúghatott. A kérdést Lagrange sem tisztázta; de legalább megjelölte azt a pontot, melynél a korrekció alkalmazandó volt.

Laplace a szóban forgó feladat megfejtésével 1816-ban foglalkozott. Éles elméje átlátta, hogy itt egy eddigelé elhanyagolt hatónak, a hőnek szerepét kell figyelembe venni.

A hang longitudinális hullámokban terjed, az anyagi részecskék rezgés-iránya összeesik a hullám tovaterjedés-irányával; oldalagos kitérés nin-

csen. A hullám folytonosan egymásra következő sűrűsödésekből és ritkulásokból áll.

Midőn a levegőt sűrítjük, még pedig összenyomás által sűrítjük, a levegő, mint minden más szorított test, megmelegszik. Ha az összenyomás csak lassan történik, a keletkező hőnek, mint mondani szokták, elég ideje van, hogy a környezet által elvezetessék. Ellenben a gyors összenyomásnál a hő a levegőben megmarad, a levegő oly magas fokra hevül föl, hogy könnyen gyújtható anyagok benne szikrát fognak. A hirtelen összenyomott levegőnek rugalmassága nemcsak a fokozott nyomás, hanem a fokozott mérséklet miatt is növekszik; a mérséklet állandóságát föltételező Mariotte-féle törvényt többé nem lehet alkalmazni. Már pedig a hanghullámok terjedésénél a levegőrészecskék igen gyors sűrítéseknek vannak alávetve, tehát megmelegednek s épen a sűrítések nagy gyorsasága miatt melegségüket még akkor sem veszíthetnék el, ha a levegő jó hőszugárzó volna.

A hullám sűrített részei mellett vannak a ritkítottak. Itt meg éppen az ellenkező történik: a levegő a hirtelen tágulásnál lehűl, rugalmassága kisebb lesz, mint a mekkorának a Mariotte törvénye megkívánná.

A hullám terjedés-sebessége annál nagyobb, mennél nagyobb a hullám sűrű és ritka részei rugalmasságának különbsége. Ez a különbség pedig a sűrűbb részek megmelegedése és a ritkább részek lehűlése által egyaránt öregbítették. Ez az a körülmény, melyet Newton s a későbbiek figyelembe nem vettek.

Laplace a sebesség levezetésénél nem a Mariotte törvényét alkalmazta, hanem figyelembe vette a levegő hőállapotának az imént előterjesztett változását, s azt találta, hogy a Newton levezette értéket még meg kell sokszorozni a levegőnek állandó fesztítő erő melletti fajhevéből és az állandó térfogat melletti fajhevéből alkotott hányados négyzetgyökével. Evvel az elmélet és a tapasztala-

lás között fönnálló eltérés, mely a Laplace idejéig paradoxonnak látszott, ki volt egyenlítve.

Midőn Laplace a hangsebesség képletét levezette, a levegő két fajhevének viszonyát még nem ismerte, tehát a sebességet ki nem számíthatta. Laplace megfordította a dolgot: a sebességnek kísérletileg meghatározott értékéből a két fajhő viszonyát határozta meg. E viszony az 1.42 szám által volt kifejezve. Látjuk tehát, hogy Laplace tulajdonképpen nem a hang sebességének, hanem egészen más nagyságnak számbeli értékét határozta meg. De épen ez az indirekt eredmény a tűnemények benső összefüggésére a legtisztább fényt vala derítendő.

Robert Mayer fölismerte, hogy az a hőfölség, melyre szükségünk van, ha a levegőt nem állandó térfogatnál, hanem állandó nyomásnál melegítjük, a levegő kiterjedésénél végrehajtott munkára fordíttatik. E hőtöbbletből kiszámította a hő mechanikai egyenértékét. Számításánál a hőfölségnek azt az értékét használta, melyet



kortársai nem épen pontos kísérletek útján határoztak meg, minélfogva az elméleti szempontból helyesen levezetett egyenérték a kísérleti adatok hiányossága miatt szabatos nem lehetett. Könnyű belátni, hogy abban az esetben, ha a hő mechanikai egyenértékét kísérletekkel pontosan meghatározhatnók, a Mayer számítását megfordíthatnók s a hő mechanikai egyenértékéből a mondott hő-többletet s ebből a levegő két fajhevének viszonyát határozhatnók meg. A hő mechanikai egyenértékét Joule többféleképen variált pontos kísérletekkel valóban meghatározta. Ha már most a Joule-féle értékből a Mayer számítása alapján a két fajhő viszonyát kiszámítjuk, eredményül az 1.42 számot, tehát egészen ugyanazt az értéket kapjuk, a melyet Laplace a hangsebesség képletéből számított ki.

Látni való, hogy a fizikai elméletek helyességének támogatására néha a legkülönbözőbb úton kapott eredmények működnek közre.

Az észlelet a természet helyes fölismerésének egyik leghatalmasabb eszköze. Mennél pontosabbak az észleletek, annál biztosabb alapon állnak ismereteink. Abszolút pontosságú észleleteket, bármennyire javítsuk és tökélyesbítsük is műszereinket, már csak az észlelőnek egyéni gyarlóságai miatt sem kaphatunk, azonban a tudománynak vannak segédeszközei, melyekkel a valóságot, a mennyire csak lehet, megközelíthetjük s egyúttal kijelölhetjük a határokat, melyek között a valóságtól eltérhetünk. E segédeszközöket a valószínűségi számítás elveiben bírjuk. Laplace-nak *Théorie analytique des Probabilités* című munkája e számítás elveit taglalja s a körébe vágó problémák megfejtésével foglalkozik. Ez az első mű, mely a fölvetett kérdéseket alaposan és kimerítőleg tárgyalja, s a haszon, melyet nem csupán a természettudományoknak, hanem még a gyakorlati életnek is hajtott, Laplace-nak a legtagasabb körben elismerést szerzett.

## RUMFORD

I. Rumford ifjúsága. - Katonai és politikai pályafutása.

Sir Benjamin Thompson, később Rumford gróf, 1753 márcz. 26-án Massachusetts észak-amerikai államnak Woburn községében született. Ősei Woburn-nak első gyarmatosai valának.

Benjamin még csecsemő volt mikor atyját elveszté, s e csapás súlyos következményeket vonhatott volna maga után, mert anyja, Ruth Simonds, egy szomszédos telepítvényesnek leánya, újra férjhez ment s gyermekével mit sem törődött. Azonban Benjamin nagyatyja után maradt örökség az anyai gondozást - legalább anyagi tekintetben - fölöslegessé tette. Benjamin először a község iskolájába járt, hol írni, olvasni s valamikézt a latin nyelvből is tanult; később egy lelkésznel a matematika és az asztronómia elemeit tanulta.

Tizenhárom éves korában a szintén Massachusetts-ben fekvő Salem-be ment s egy kereskedőhöz szegődött; azonban a gyarmatok és az anyaország között kitört viszályok következtében e várost már három év múlva oda kellett hagynia.

A tizenhat éves ifjú szülővárosába tért vissza s télen át iskolát nyitott. E mellett a tudományokkal buzgón foglalkozott s oly szép előmenetelt tett, hogy megengedték neki, miszerint a cambidgei (Massachusetts-ben) Harwards-collegeben az előadásokat hallgathassa. 1770-ben meghívatott Rumfordba (jelenleg Concord), hogy az ottani iskolát vezesse. E községben megismerkedett Rolfe asszonynyal. Thompson szép arcza, ragyogó kék szemei, fekete haja és karcsú termete épen úgy megnyerték a gazdag özvegyet, mint egyszerű és nemes magatartása és sokoldalú ismeretei. Thompson megkérte az özvegy kezét s 1772-ben nőül vette.

Thompson pályafutásának mindeddig semmi határozott iránya nem volt. Miután házassága ál-

tal tetemes vagyonnak birtokába jutott, elérkezettnek látta az időt, hogy tágasabb körű szereplés terére lépjen, mire az akkori mozgalmas időkben az alkalom nemsokára kínálkozott. A miliciához őrnagygyá kineveztetvén, e kitüntetést a legnagyobb készséggel fogadta s 1774-ben a bostoni angol sereghez csatlakozott.

Thompson buzgó royalista volt, s ez elég ok volt arra, hogy helyzete az ellenkező áramlattal szemben egyre súlyosodjék. Gyakori érintkezései az angol tisztekkel, nem különben arisztokrata hajlamai 1775-ben majdnem nagy veszélybe ejtették. Ez évben Concordban tartózkodott, a honnét a fellázadt nép haragja előtt oly sietséggel kellett menekülnie, hogy nejét és újszülött leányát is ott hagyta. Leányát csak húsz év múlva, nejét pedig soha többé nem látta. Ugyanabban az évben Woburnban elfogták és törvényszék elé állították; mint gyanús egyént fogságba vetették, de szabadságát csakhamar visszanyerte.

Hogy a honfiak bizalmát újra megnyerje, maga is beállott a lázadók seregébe s Boston ostromában, valamint a lexingtoni ütközetben tényleges részt vett. Azonban még e tényleges csatlakozással sem háríthatta el az ellene fölébredt gyanút, s midőn a seregben főtishti rangot kért, kérelme kereken visszautasított. Thompson látta, hogy a fölkelők körében semmikép sem boldogulhat, s midőn már életét sem érezte elegendő biztosságban, mindenét eladta s egy királyi fregatton titkon Bostonba szökött, hol 1775 okt. 15-kén megérkezve, Gage tábornok által kitüntetéssel fogadtatott.

Az angolok ügye mindinkább rosszra fordult; 1774 márcz. 20-án már Bostont is kiürítették. Thompson megbízott, hogy e kellemetlen hírt Londonba vigye. Mivel már amúgy is régebben óhajtotta Európát látni, e küldetést szívesen vállalta.

Londonba érkezve, a forradalom állapotáról kimerítő jelentést tett s e mellett annyi szakisme-

retet árult el, hogy lord Sackville, a gyarmat-  
ügyek minisztere, kit kellemes modorával telje-  
sen megnyert, őt hivatalba fogadta s 1780-ban  
szakminisztériumában másod-államtitkárrá ne-  
vezteté ki.

Mindamellett hogy Thompson hivatalos teen-  
dőivel nagyon el volt foglalva, még sem mulasz-  
totta el fizikai tanulmányokat tenni. Figyelmét  
különösen a testek kohéziójára és a lövegek se-  
bességének tanulmányozására fordította.

Thompson dicsvágya a gyors előléptetéssel  
sem volt kielégítve, s már azon volt, hogy hivata-  
láról lemondjon, midőn 1782-ben lord Sackville  
miniszteri hivataláról lemondani kényszerülván,  
lemondása előtt híveit minden lehető kegyben ré-  
szesíté; így a többi között Thompson-t egy ame-  
rikai angol dragonyos-ezredhez ezredessé nevez-  
te ki.

Thompson 1782-ben Amerikába ment, hol a  
lovasságot szervezte s magát több alkalommal,  
különösen pedig Jamaika védelménél kitüntette.

Azonban már a következő évben, tehát még a béke megkötése előtt, elhagyta szülőföldjét s Európába tért vissza.

## II. Rumford Bajorországban.

A háború befejeztetvén, Thompson nem remélhette, hogy az angol hadseregben valami nagyobb tevékenységet fejthessen ki, s ez oknál fogva szolgálatait föl akarta ajánlani a német császárnak, ki ekkor a török ellen hadakozott. Thompson Németországba utazott s tervét bizonyára megvalósította volna, ha egy véletlen esemény további pályafutásának egészen más irányt nem ad vala.

Midőn Strassburgon keresztül utazott, bemutatta magát Miksa zweibrückeni herczegnek (a későbbi bajor királynak), ki akkoriban e városban egy ezredet vezérelt. Thompson modora és sokoldalú ismeretei annyira megtetszettek a herczegnek, hogy ez neki hivatalt ajánlott, sőt Karl Theodor bajor választófejedelemhez intézett ajánlólevéllel látta el, mire Thompson gyorsan



visszatért Londonba, hogy a királytól engedélyt kérjen bajor szolgálatba léphetni. III. György nemcsak e kérelmét teljesíté, hanem még baronet-rangra emelte s megengedte, hogy katonai rangjával járó fizetésének felét ezután is élvezhesse.

Thompson Münchenben a lehető legkedvezőbb fogadtatásra talált. A bajor választófejedelem művelt és szellemes férfiú volt, ki a tudományokat és a művészeteket, általában mindazt, a mivel uralkodói nagyságát előmozdíthatni vélte, kiváló kegyben részesítette. E mellett abszolút uralomra törekedett; az ő szemei előtt egy tökéletes uralkodónak eszményképe XIV. Lajos volt. Thompson politikai elvei teljesen megfeleltek a fejedelem nézeteinek, s ennélfogva a fejedelem bizalmát teljesen megnyerte. Az első hivatalok, melyeket Thompson kapott, nem igen feleltek meg dicsvágyának, mindössze is a fejedelem hadsegédévé és udvari kamarássá neveztetett ki, azonban nem sokára a kitüntetések hosszú sora következett: Thompson először is general-major

és államtanácsossá, később pedig a hadsereg főparancsnokává és hadügyminiszterré lett. Mivel pedig úgy látszott, hogy hiúsága még mindig nincs kielégítve, a fejedelem 1790-ben, élve avval a joggal, mely őt, mint a birodalom helytartóját megillette, kedvenczét Rumford grófjává nevezte ki.

Ezek után méltán kérdezhetjük, hogy Thompson, azaz most, már Rumford gróf, mit mívelt e sok kitüntetés fejében?

Bár e kitüntetések jó része csak hiúsága kielégítésének volt szánva, meg kell vallani, hogy Bajorországnak oly sok és oly kitünő szolgálatokat tett, hogy ezekhez képest a fejedelmi kegynek nyilvánulásai csak gyöngye jutalmak valának.

Néhány év alatt Bajorországot teljesen átalakította: a hadsereget, melyben számos visszaélés harapódzott el, újjá szervezte; a katonák fegyverzetén és ruházatán czélszerű átalakításokat hajtott végre; az előléptetés módját szabályozta; a katonák elárvult gyermekei részére nevelő-inté-

zeteket alapított; állandó helyőrségeket szervezett és Mannheimban gyárakat alapított, a melyekben a hadsereg összes kellékei előállítottak. E mellett a társadalmi téren ép oly üdvös reformokat léptetett életbe, mint a katonain. A renyhesség előidézte elszegényedés mindinkább terjedt, elannyira, hogy akkoriban Münchenben több koldus volt, mint Velenczében. Rumford e baj elhárítása fölött sokáig gondolkodott, de a mint terve készen volt, ezt a legnagyobb szigorral hajtotta végre. 1790 jan. 1-én rendeletet bocsátott ki, a melylyel a koldulást szigorúan eltiltotta s a munkaképes koldusokat önkéntes aláírássok útján felállított dologházba vitette. E dologháznak az első hetekben 2500 lakója volt, kik a kellő szerszámokkal és anyagokkal ellátva, részint a hadsereg szükségleteit elégítették ki, részint pedig egyéb czikkeket gyártottak, mely czikkek eladásából befolyó összeg nemcsak a dologház költségeit fődözte, hanem még évenként mintegy 10,000 forint hasznot hajtott. De ez az anyagi haszon elenyészik az erkölcsi mellett; mi-

vel a munkások jó bánásmódban részesültek s még munkájukkal arányos fizetést is kaptak, belátták, hogy a becsületes munka minden körülmény között a legtisztességesebb foglalkozás s a javulás útjára tértek. E humánus intézet által pár év múlva száz meg száz munkás kezét nyert a társadalom.

Azt hiszszük, hogy senki sem fogja rossz néven venni, ha akkor, midőn egy kiváló fizikus életviszonyairól szólunk, kissé részletesebben előadjuk a humanitás előmozdításával szerzett érdemeit. A ki a tudománynak bármely ágát műveli, a humanitás érdekeit közvetve mozdítja elő, s ha e mellett a tudomány eredményeit az emberiség javára még közvetetlenül értékesíti, akkor elismerésünket annál nagyobb mértékben vívja ki. Rumford-nál még avval a különös esettel találkozunk, hogy tudományos vizsgálatainak nagy része a szegény sorsúak helyzetének javítása iránti törekvéséből keletkezett. Hogy a dologház lakóit rendes és takarékos táplálékkal és ruházattal ellássa, az ide vágó kérdéseket tüzetesen ta-

nulmányozta, s így sikerült bebizonyítania, hogy azok az anyagok, melyeknek rostjaiban sok levegő van, rossz hővezetők; hogy a szabad lángok a fűtésre nem alkalmasak; hogy a vízgőz rossz hővezető; hogy a hő a folyadékokban áramlás, azaz a részecskék kavargó mozgása által terjed. A kályhák és a kürtők új berendezésével a gyakorlati életnek kiváló szolgálatokat tett, a fényre vonatkozó vizsgálatai sem maradtak gyakorlati eredmények nélkül.

### III. Rumford hőtani vizsgálatai.

Rumford-nak a hő- és fényre vonatkozó kísérletei a gyakorlati térről átvitték őt az elméletire.

Midőn Rumford a fizikai vizsgálatok terére lépett, a hő és a hőtünemények élénken foglalkoztatták az elméket. A gőzgép tökéletesbítése, a fajhő feltalálása s a Lavoisier kémiai új elmélete oly tényezők valának, melyeknek a figyelmet okvetetlenül a hőre kellett vonniok.

A hő mellett az elektromosság lépett előtérbe. E két erőnek beható tanulmányozása a XVIII.

század végén megindult hatalmas szellemi mozgalom korszakával kezdődik. Rumford tevékenysége csak a hőnek és a fénynek alapos tanulmányozására irányult; az elektromosság, mely rövid idő alatt a fizika tartalmát rendkívüli arányokban vala kibővítendő, Rumford-ban igen kevés érdeklődést keltett. "A hőre vonatkozó kísérletek végrehajtása, mondja Rumford, régóta a legkedvesebb foglalkozásaim egyike volt. E tárgy már akkor vonta magára figyelmemet, midőn 17 éves koromban Boerhave-nak De igne című iratát olvastam.... Sok év óta szokásom, hogy a környezetemben előforduló tüneteményeket, ha a hővel s ennek hatásaival csak a legtávolabbi összefüggésben látszanak lenni, azonnal a legnagyobb gonddal megvizsgálom; eme szokásnak köszönhetem mindazon kísérletek eszméit, melyeket e tárgyra vonatkozólag végrehajtottam."

Rumford idejében a hő anyagi elmélete praeponderált. A hőanyag volt bázisa a sokféle elmélet mindegyikének; a hőanyag fizikai magatartására és hatásformáira vonatkozó mellék-gon-

dolatok csak a különböző hőtüneményeknek könnyebb kimagyarázhatósága kedvéért szülem-  
lettek. Ennélfogva azt látjuk, hogy mindezeknek  
az elméleteknek jellemző vonásai attól függnék,  
hogy az azokat felállító autorok a hőtünemények  
melyik csoportjára fektettek különös súlyt. Nem  
hiányzottak ugyan egyesek, kik az antimateriális  
hipothéziseknek itt-ott engedményeket tettek, de  
a hőanyag hipothézise sokkal mélyebb gyökere-  
ket vert, semhogy döntő, s hogy úgy mondjuk,  
kézzelfogható kísérleti tények nélkül nézeteiktől  
eltántorodtak volna. E döntő kísérletek végrehaj-  
tása Rumford legfőbb érdeme, s midőn Davy  
Rumford nyomdokain haladva, a még hiányzó  
kísérleti bizonyítékokat is végrehajtotta, az anya-  
gi hipothézis jogosultsága fölött vitatkozni többé  
nem lehetett s a kérdés csak az maradt, hogy a  
régi alkotmány helyébe miféle újat kell állítani.

Az ütésnél, nyomás és surlódásnál keletkezett  
hőt az anyagi hipothézis szerint úgy magyaráz-  
ták, hogy e mechanikai folyamatok alatt a testek  
fajheve csökken, azaz, hogy az ütés, nyomás stb.

befolyása alatt a testekben meglevő hő a testeket a közönségesnél magasabb mérsékletre képes emelni. A nyomásnál, különösen pedig a levegő összenyomásánál eme magyarázatnak helyessége szembetünőnek látszott; a testek összeszorítottak, tehát a bennük levő hőanyag is kisebb térre szorult, s mi sem természetesebb, hogy az ugyanazon mennyiségű hőfolyadék kisebb térben nagyobb hatást idéz elő. Az anyagi elmélet szerint a testekből a hőt csak úgy lehetett kifacsarni, mint a szivacsból a vizet.

Eleintén Rumford is az uralkodó nézetet fogadta el, a nélkül, hogy az anyagi elméletek bármelyik árnyalatához szorosan csatlakozott volna. A surlódás okozta nagy mennyiségű hőben annak bizonyítékát látta, hogy a hő nem lehet olyas termék, mely chemiai vagy mechanikai folyamatok által hozható létre, hanem ellenkezőleg, hogy a hő őszanyag, s az említett folyamatok által csak ez őszanyagnak melegítő, tehát érezhető hatásai tűnnek elő.



De ezt a nézetét csakhamar megváltoztatta. A müncheni arzenálban felügyelete alatt végrehajtott ágyúfúrások alkalmával a surlódásnál fejlődő hővel két óra és 20 percz alatt 2 1/2 gallon vizet forralt föl; ha az ágyúcső vízzel nem érintkezett, a fémtömeg a víz forrópontjánál sokkal magasabbra hevült föl. Honnét ered ez a rendkívüli mennyiségű hő? Talán a lefejtett fémforgácsokból? Ezt föltételezve, a rejtett hő elvei szerint a kifúrt forgácsok fajhevének csökkennie kellett volna, még pedig oly nagy mértékben, hogy a fajhő csökkenéséből a keletkezett összes hőt ki lehessen magyarázni. Azonban Rumford bebizonyította, hogy a fém fajheve egyáltalában nem változott. Ugyanis a fúrás által lefejtett forgácsokat s fűrészelés által lemetszett ugyanakkora súlyú fémdarabkákat a víz forrópontjának mérsékletére hevített föl s azokat egyenlő mennyiségű és mérsékletű hideg vízbe vetette. Mind a két víztömegben a kiegyenlődés mérséklete ugyanaz volt. Rumford-nak még az a gondolata támadt, hogy talán a levegő közreműködése miatt fejlőd-

dik az a sok hő. Azonban a fémforgácsok az oxidációnak nyomát sem mutatták s különben is egy külön kísérletnél gondoskodott arról, hogy a fűró a külső levegőtől el legyen zárva.

Hogy a surlódás által hő keletkezik, ez annyira mindennapi dolog, hogy jelenleg talán különösnek tűnhetnék föl, hogy Rumford indítatva érezte magát a hőnek ezen az úton való előállítására. Azonban ő úgyszólván a közvéleménynyel akart szembeszállani, tehát csak az ily nagy mértékben végrehajtott hőfejlesztéssel volt képes az ellenkező nézetűeket meggyőzni vagy legalább is megingatni.

Rumford meglelégedhetett volna e kísérletekkel; az anyagi hipothézis ellen keményebb támadás mindakkoráig nem intéztetett. Azonban itt nem valamely egyszerű véleménynek, hanem egy általánosan elterjedt elméletnek megdöntéséről volt szó, s épen ezért Rumford czélszerűnek tartotta ez elmélet ellen még egyéb kísérletekkel is szembeszállni.

A hőanyag súlyos vagy nem súlyos voltának kérdése az anyagi hipothézis legérzékenyebb oldalainak egyike volt. Hipothézises anyagról lévén szó, könnyű volt azt mondani, hogy a hőanyag súlytalan. Azonban a hőtűnemények bizonyos csoportjából a hőanyagnak súlyos volta, egy másik csoportjából pedig a könnyű volta, vagyis a negatív súlya látszott következni. Mind a két felfogásnak voltak hívei, különösen akkor, midőn a hőtűneményeket a flogiszonos elmélettel kellett összhangba hozni. Minthogy akadtak olyanok is, kik direkt kísérletekkel bebizonyították, azaz vélték, hogy bebizonyították, hogy a víz fagyás által súlyosabbá válik, Rumford indíttatva érezte magát, hogy a kérdést kísérletileg eldöntse.

Két egyenlő üvegpalczk egyikét vízzel, a másikat ugyanannyi gyöngé borszeszszel töltötte meg. A légmentesen bedugaszolt s jól megtörült palaczkokat igen jó mérleg karjaira függesztette s az egész készüléket egy szobában, melynek méréskélete állandóan  $60^{\circ}$  F. volt, fölállította; midőn

mind a két palaczk fölvette a szoba mérsékletét, mind a kettőt újra megtörülte s pontosan egyensúlyozta s 12 óráig e szobában hagyta. Ez idő alatt a legkisebb változás sem mutatkozván, a készüléket egy  $29^{\circ}$  F. mérsékletű szobába vitte s 48 óráig ott hagyta. A víz megfagyott s eredeti súlyának  $1/36000$  részével csakugyan nehezebb lett!

Rumford e súlynövekedést egészen helyesen az üvegre tapadt nedvességnek tulajdonította, s ebbeli nézete még inkább megszilárdult, midőn ugyanazt a kísérletet vízzel s ugyanakkora súlyú kénesővel ismételte. Most a víz a hideg szobában sokkal több hőt veszített mint a kéneső, s a mérleg-karok mégis tökéletes egyensúlyban maradtak. Világos volt, hogy a kihűlő testeknek súlya nem növekszik, vagyis, hogy a hőanyagnak, ha egyáltalában létezik, negatív súlya nincs.

Rumford e kísérleteket többféleképen variálta. Kimutatta azt is, hogy az izzó fémgolyók súlya csak az oxidáció miatt növekszik; általában ki-

derítette, hogy mindazok, kik a testek melegedésénél vagy kihűlésénél súlyváltozásokat tapasztaltak, kísérleteiket nem a kellő gonddal hajtották végre.

Mindezeket csak azért hoztuk föl, hogy föltűntessük, mily sok gondot és fáradságot fordított Rumford az anyagi hipothézis megbuktatására. S valóban, feladatának ezt a részét meg is oldotta, mert pontosabb, döntőbb és meggyőzőbb kísérleteket addig még senki sem hajtott volt végre, s később Davy híres kísérleteivel szintén csak a Rumford nyomdokain járt. Azonban a feladatnak másik, a kényesebb része még megfejtendő volt.

Itt Rumford csak annyit tehetett, hogy csatlakozott a régi fölfogáshoz, mely szerint a hő mibenléte a részecskék mozgásában keresendő. A mozgásnak súlya nincs, s a hatások egy bizonyos nemét csak a mozgásnak egy bizonyos neme idézheti elő: ezek oly képzeletek, melyek az anyagi hipothézis elvetése után önként előtérbe nyomulnak, a mint már előtérbe nyomultak ak-

kor is, mikor a hő mibenlétéről alkotott hipotézisek vita tárgya még nem valának. A hőmozgás közelebbi meghatározása (a mennyiben nem a sugárzó hőről van szó) Rumford-ra nézve ép oly kényes kérdés volt, mint akár a régebbi, akár pedig a jelenkori fizikusokra nézve.

Rumford első értekezésében egy híressé vált hely fordul elő. Szerző azt mondja, hogy a fűrásnál végrehajtott munkát két ló végezvén, a lovak erejét végtére élelmi szerek főzésére lehetne felhasználni, a mi azonban mindenkor sokkal hátrányosabb volna, mint a lovaknak szánt takarmány elégetése által keletkezett hőnek felhasználása.

Látni való, hogy Rumford az állatok erejének forrásául a takarmányt tekintette, azonban az állati erő és a takarmány erélye között fennálló okozatos összefüggést még korántsem mondotta ki. Nem is szükséges, hogy egyes kiváló tehetségek találó észrevételeiben mindig a későbbi időkben kifejlődött tanok alapköveit lássuk. Hozhatunk föl egy még régibb példát, melyben az el-

égés miatt fejlődött erélynek a tüzelő anyagban lappangó (helyzeti) erélylyel való egyenértékűsége már világosan föl van tüntetve. Bernoulli Dániel Hydrodynamikájában a következő figyelemre méltó hely fordul elő: "Meg vagyok győződve, hogy ha mindaz az eleven erő, mely egy köbláb szénben lappang, ebből elégetés által kiűzve, valamely gép mozgatására czélszerűen alkalmaztatnék: többet lehetne nyerni, mint nyolcz, vagy tíz embernek napi munkájából."

E sorokban nyíltan ki van fejezve a Rumford által megjelölt folyamat (a munkának hőre való átváltozása) megfordításának lehetősége. Ha a régi szerzők műveiből egyes helyeket szakítunk ki, könnyen rátalálhatunk oly nézetekre, melyek a modern felfogásnak egészen megfelelnek; ha azonban nem csupán az egyes helyekből, hanem az egész munkán átvonuló felfogásból ítélünk, akkor csakhamar meggyőződhetünk, hogy a régi szerzők korántsem előlegeztek a modern tanoknak annyit, mint a mennyit egyes elmés megjegyzéseikből következtetni lehetne. Az elvek

fejlődése nem egyes megjegyzésekből, hanem a szellem összes tevékenységének jelleméből ítélendő meg. Így fogva föl a dolgot, világos, hogy Rumford-nak a hőelmélet körül szerzett érdemei ama nagyszámú és rendkívüli gonddal végrehajtott kísérletekben állanak, a melyekkel az anyagi hipothézis megbuktatására hathatósan közreműködött. Hogy aztán Rumford a hőt mozgásnak tartotta, az abszolút hideget a lehetetlenségek közé sorozta, sőt a mozgást az anyag lényeges tulajdonságának ismerte föl, s hogy ennek következtében a világegyetemben nyugvás nem lehet: mindezt úgy kell tekintenünk, mint határozottabb körvonalozását ama mechanikai természetnézetnek, melynek jellemző elemei már Baco, Boyle, Hooke stb. felfogásában nyilvánultak. Már itt kell fölhívnunk a figyelmet arra, hogy a hőelmélet a mechanikai helyes természetnézetnek megfelelő alakot csak a hő mechanikai egyenértékének feltalálása után nyerhetett. Ez a találmány nyilván föltüntette a hő erélyének a mechanikai erélylyel való egyenértékűségét, hogy aztán a hő



erélye épen a részecskék mozgására (eleven erejére) vezetendő-e vissza, ez oly kérdés, melyre hogy igenlő feleletet adjunk, szükségképen az eddigelé ismert hőtünemények egyike sem kényszerít.

Mivel az eddig mondottakból eléggé kitűnik, hogy Rumford mily viszonyban van a jelenlegi hőelmélethez, fölösleges volna a puskapor hatásaira vonatkozó kísérleteit s az ezekből vont következtetéseket tüzetesebben ismertetni. Át fogunk térni a testek hővezetésére vonatkozó nevezetes vizsgálataira.

Régi tapasztalás, hogy a testek a velük közlött hőt hosszabb vagy rövidebb ideig tartják meg. E tapasztalással karöltve járt az a nézet, hogy a sűrűbb testek a hőt jobban vezetik, mint a ritkábbak: azonban e tárgynak kísérleti és elméleti tüzetesebb megvizsgálása az újabb kor vívmánya.

Richmann vette először észre a kéneső nagy vezetőképességét. A többi fémeket is megvizsgálta; a fémekből golyókat készített; ezekbe hengeres

lyukakat vájt s e lyukakba, miután ezeket ugyanavval a folyadékkal megtöltötte, hőmérőket állított. Ezután a golyókat egyenlő mérsékletekre fölhevítette s a levegőben fölfüggesztette. A kihűlés gyorsaságából azt következtette, hogy a legjobb hővezető az ólom, utána következik a cinn, a vas, a réz és a sárgaréz. Hogy a kihűlés gyorsaságához a golyókban levő hő mennyiségének is van köze, azt persze Richmann nem vette figyelembe.

Franklin azt a nevezetes észleletet tette, hogy a jó elektromosságvezetők egyszersmind jó hővezetők, vagyis, hogy a fémek igen gyorsan melegednek meg s ugyanily gyorsan le is hűlnek, holott a különböző fa-nemek s még inkább az üveg lassan melegednek s lassan hűlnek. Az eljárás, mely szerint Ingenhouss a testek vezetőképességét meghatározta, szintén Franklin-tól ered. Ez az eljárás, mint tudva van, abban áll, hogy különböző anyagból készült vékony, de máskülönben egyenlő pálczákat viasszal bevonunk s végeiket forró vízbe vagy meleg olajba mártjuk; a viasz

leolvadása megmutatja a sebességet, melylyel a hő a pálczában terjed. Ingenhouss kísérleteiből kitűnt, hogy a fémek között az ezüst és a réz legjobb vezetők, ellenben az ólom legrosszabb, s ez észleletek valóban megfelelnek Franklin észrevételének, mely szerint a testek annál jobb hővezetők, minél jobb elektromosság-vezetők.

Mindezek a kísérletek csak egyes esetekre vonatkoznak s csak Rumford vetette a tárgyat tüzetes vizsgálat alá. Fokozatosan tökéletesbített kísérletei az elmélet és gyakorlatra nézve egyaránt fontos eredményekre vezettek.

Rumford mindenekelőtt a fémek vezetőképességét vizsgálta meg. A szerves anyagok megvizsgálására a következő módszert alkalmazta. Egy lombikba hőmérőt állított, úgy, hogy a hőmérő golyója a lombik közepén volt; a hőmérő és a lombik falai közötti tért a megvizsgálandó anyaggal töltötte ki. Az egész készüléket forró vízben megmelegítette s ezután jég és víz keverékében lehűtötte. A kísérlet utóbbi részénél

megfigyelte az időt, mely megkívántatik, hogy a hőmérő bizonyos fokra leszálljon; a vezetőképességet evvel az idővel fordított arányban levőnek vette. Kísérleteinek legközelebbi célja az öltözetekül feldolgozandó anyagok megvizsgálása volt, s kimutatta, hogy a vezetőképesség nemcsak az anyagi minőségtől, hanem még a struktúrától is függ, különösen pedig hogy a rostok között levő levegő a vezetőképességet nagy mértékben csökkenti, tehát a melegtartó-képességet növeli; végre kimutatta, hogy a vízgőz, továbbá a száraz és a nedves levegő a hőnek egyaránt rossz vezetői.

Különösen érdekesek Rumford-nak ama nagyszámú kísérletei, melyekkel kimutathatni vélte, hogy a víz, az olaj, általában a folyó testek - még a kénesőt sem véve ki - nemcsak hogy rossz vezetők, hanem a hőt egyáltalában nem vezetik. Valamennyi ide vonatkozó kísérleténél a folyadékok áramló mozgását vette észre s a helyett hogy ezt az áramlást valódi mechanikai okoknak tulajdonította volna, azt a helytelen tételt állította

föl, hogy a folyadékrészecskék vezetik ugyan a hőt, a mennyiben ezt különmemű más testektől átvehetik, de egyik részecske sem képes a már fölvett hőt egy szomszédos részecskével közölni. Ezt a nézetet később a gázakra is kiterjesztette. Egyes kísérleteknél tapasztalta ugyan, hogy a felülről melegített folyadékokban lefelé is terjed a hő, azonban annyira meg volt győződve arról, hogy a folyadékok a hőt vezetni képtelenek, hogy a hőnek lefelé terjedését inkább az edény falainak tulajdonította, sőt ezt a nézetét direkt kísérletei által bebizonyítottának vélte. Ha Rumford gondos kísérleteit végig nézzük, azt a tanulságot meríthetjük, hogy a folyadékok és a gázok a hőt rosszul vezetik s hogy e testekben a hő rendszerint nem vezetés, hanem mechanikai okokra visszavezethető áramlás által terjed. A második tanulság pedig az, hogy Rumford, ki az anyagi hipotézist oly hathatósan czáfolta s ismételve kifejezést adott ama nézetének, hogy a hő mozgás, még a legegyszerűbb hőtüneményeket sem volt képes a mozgás-hipotézissel összhangba hozni.

Valóban, alig képzelhető egymással nagyobb ellenmondásban levő két állítás, mint azt mondani, hogy a hő mozgás, azután pedig, hogy bizonyos anyagok, melyeknek részecskéiről a legnagyobb mozgékonytságot kell föltételeznünk, a hőt egyáltalában nem vezetik. Már Rumford kortársai, kik előtt a mozgás-elmélet analízises tárgyalása majdnem egészen ismeretlen volt, különféle támadásokat intéztek Rumford nézetei ellen. Deluc, ki az atómos elméletnek buzgó híve volt, kimutatta, hogy Rumford elmékedései sem az anyagi, sem pedig a mozgás-hipothézissel össze nem egyeztethetők.

Midőn a hő mozgás-elméletének analízises tárgyalása újabb időkben szőnyegre került, a gázok csekély hővezetőképessége, mint természetszerű ellenmondás, ismét szóba jött. Az ellenmondást egyszerűen avval a hipothézissel vélték megszüntethetni, hogy a gázok mechanikai berendezése egészen más, mint az egy sorba rakott rugalmas golyóké, s hogy a rezgő mozgás tovaterjedésének törvényei a gázmolekulák zűrzavaros moz-

gása miatt jelentős módosulásokat szenvednek. Persze ott, a hol a mozgásban a legnagyobb zavar uralkodik, alkalom adtán (midőn például a Gay-Lussac és Mariotte törvényének levezetéséről van szó) mégis a legszebb rend áll be. Mind ezt csak azért hoztuk föl, hogy annál világosabban föltűntessük, miszerint Rumford mily kevésbé volt áthatva a mozgás-elmélet dinamikai jelentőségétől; mert midőn azt látjuk, hogy a mozgás-elmélet jelenlegi képviselői mennyit fáradoztak, hogy a gázok csekély hővezetőképességét az elmélettel összhangba hozzák, annál föltűnőbbnek kell lenni, hogy az a fizikus, kit némelyek a mozgáselmélet alapítójának tartanak, a gázok és folyadékok vezető-képességét kereken tagadta. Rumford-nak elvitázhatatlan érdemei - nem tekintve eredményei gyakorlati értékét - itt is csak abban állanak, hogy gondos kísérleteivel további kutatások útját egyengette.

#### IV. Fotométria.

A praktikus irány, mely Rumford hőtani munkáit jellemzi, ép oly világosan kitűnik ama munkáiból is, melyekről most fogunk szólni s a melyek jóval kevesebb absztrakt fejtegetést igényeltek. Rumford kiváló érdemeket szerzett a fotométria tökéletesbítése által. Helyén lesz, hogy e fontos tárgy történetét áttekintsük.

A fény erősségének mérésével Huyghens foglalkozott először, midőn a Nap fényét a Siriuséval összehasonlította.

Franciscus Maria párisi kapuczinus a *Nouvelles découvertes sur la lumière*, Paris 1700. című művében a fotométriát arra a helytelen tételre alapította, hogy a fény erőssége többszörös visszaverődés vagy törés után számtani sor szerint fogy.

Buffon a saját elmés kísérleteiből azt következtette, hogy a fény minden egyes visszaverődés után erősségének felét elveszti.



Celsius a fény erősségét ama távolság szerint ítélte meg, melyből valamely megvilágított tárgyat többé már nem lehetett tisztán látni.

Bouguer volt az első, ki e gyalgó kezdeményezések után arra törekedett, hogy a fotométriát tudományos színvonalra emelje. Első kísérleteit az *Essai d'Optique sur la gradation de la lumière*, Paris 1729, 12. című könyvecskéjében tette közzé. Bouguer e tárgyat egészen 1758-ban bekövetkezett haláláig tanulmányozta s egy alaposabb művet is írt, azonban az amerikai fokmérés által e mű kiadásában megakadályoztatott s idetartozó dolgozatait csak halála után adhatta ki Lacaille, a megtalált kéziratok alapján.

Bouguer egymáshoz tompa szög alatt hajló s egy-egy kerek nyílással ellátott két deszkát összeerősített s a nyílásokat olajozott, vagy pedig áttetsző vékony papírral befödte. A megvizsgálandó lángok elseje az egyik deszkát, a másodika pedig a másik deszkát világította meg, s hogy a lángok fénye ne keverődjék, a két láng közé egy

harmadik deszkát állított. A lángok távolságait addig igazította, míg a két nyílás egyformán volt megvilágítva s ekkor a lángok fényerősségét a nyílásoktól való távolságaik négyzetének egyenes arányával hasonlította össze. Ezen kívül még többrendbeli eljárást gondolt ki a direkt és a visszavert fény összehasonlítására, a visszaverődés és törés okozta gyöngülés meghatározására s az égitestek fényerősségének mérésére.

Bouguer művével majdnem egyidejűleg jelent meg a német Lambert-nek (sz. 1728, megh. 1777) következő munkája: *Photometria, sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae*, Aug. Vindel. 1760, 8o.

Lambert arra törekedett, hogy a fotométriát bizonyos alapelvekre fektesse; megkülönböztette a fényforrás intenzitását a megvilágított test fényének (*illuminatio*) intenzitásától, nemkülönben a szemmel látott világosságot (*claritas visa*) az abszolút vagyis a látóérzéstől független fénytől. Miként Bouguer, úgy ő is minden lehető ana-

lizises eszközt felhasznált, hogy a kísérleti eredményeket, különösen pedig, hogy a fénynek a többszörös visszaverődés és törés okozta gyengüléseit bizonyos törvényekre vezesse vissza. A kísérleti eszközök, melyeket a fotométriának ez a két úttörője használt, elég jók valának ugyan, de mind a ketten figyelmükön kívül hagyták a fénynek ama sajátságos tulajdonságait, melyekre az a többszörös visszaverődés és törés után szert tesz.

- Szinte csodálkozni lehetne azon, hogy e két szorgalmas észlelő és számító a polározódás nyomára nem jött; de az ő figyelmük csak a fényerősség kérdésének matematikai megoldására irányult; a fényerősség quantitatív meghatározása annyira elfoglalta őket, hogy e mellett a fénynek ama fizikai tulajdonságaira, melyek épen az intenzitás-változásokban nyilvánúlnak, gondot nem fordítottak.

Midőn Rumford a vezetése alatt álló dologház termeinek kivilágítására a legelőnyösebb eszközöket kereste, az addig alkalmazott fotométeres mérések hiányai arra készítették őt, hogy az addi-

giaknál tökéletesebb fotométert állítson össze. Rumford készülékének elve az volt, hogy a lámpák egyenlő erővel világítanak meg valamely áttetsző ernyőt, ha az előtte álló pálczák árnyékai egyenlő sötétek. A készülék, melynek kivitelében még a legapróbb részletekre is kiváló gond fordított, az addigiaknál jóval pontosabb eredményeket adott ugyan, de a fotométria problémáját ép oly kevésbé oldotta meg, mint Ritchie, Foucault, Bunsen stb. később szerkesztett és Rumford-énál tökéletesebb készülékei. Az újabb fotométerek különben is a régibb készülékek elveire támaszkodtak, sőt Rumford fotométere is csak Lambert hasonló szerkezetű készülékének tökéletesbített mintája volt. A sugárzó erély mérésére szolgáló kitűnő módszerek nem számíthatók a szorosabb értelemben vett fotométeres módszerekhez.

V. Rumford érdemei a tudományok terjesztése körül.

- Visszavonulása a nyilvános élettől. - Halála; jelleme.

Rumford-nak a hőtan és az optika körül szerzett érdemeit az eddigiekben előterjesztvén, most még azt kell fölemlítenünk, hogy a fizika ez ágainak fejlesztésére nemcsak maga fordított kiváló gondot, hanem arra másokat is serkentett. A többi között alapítványokat tett, melyek kamataiból a Royal Society és a philadelphiai filozófiai társaság a fény- és hőre vonatkozó legjelesebb vizsgálatok jutalmazására évenként két díjat voltak kiosztandók.

A londoni Royal Institution megalapításában (1800) őt illeti a főérdem. Ez intézet feladata volt, hogy az exakt tudományok eredményeit népies előadásokkal ismertesse s ezen az úton a közművelődés és a gyakorlati élet javára értékesítse.

Miként Angolországnak legtöbb tudományos intézete, úgy a Royal Institution is nem állami, hanem magán-intézmény. Az alapítók között volt

III. György király is, innét eredt az intézet királyi elnevezése. Tagjai között a legelőkelőbb körök és a tudományok legkiválóbb képviselői vannak s a tett czélszerű intézkedésekkel ez intézet a tudományosság terjesztésének hathatós eszközévé vált.

Rumford időközönként gyakran tartózkodott Londonban. Midőn 1796-ban Münchenbe visszatért, második hazáját nagyon kényes helyzetben találta. A francziák és az osztrákok az országot, semlegessége daczára, egyidejűleg elárasztották. Ily körülmények között csak Rumford erélye óvhatta meg az országot nagyobb bajtól. A fejedelem távollétében, mint az államtanács feje, három hónapon át vezette az ország ügyeit s kitűnő szolgálatai fejében a rendőrség főigazgatójává neveztetett ki. Két év múlva, mint teljhatalmú miniszter, az ország képviseletére Londonba küldetett, de mivel az angol kormány a saját alattvalóit idegen hatalom képviseletében nem tűri, ez állásról, bármily nehezére esett is, le kellett mondania. A választófejedelem 1799-ben el-

halálozván, Rumford hatalmas pártfogóját elvesztette, minek következtében Bajorország megszűnt rá nézve nagyobb szabású tevékenység színhelye lenni.

A fejedelem utóda, Miksa herceg, a Rumford-étől egészen eltérő politikai elveket vallott s bár a gróf érdemei iránt a legnagyobb elismeréssel volt, őt tanácsosai körébe fogadni nem akarta. Rumford az országot odahagyta s csak az amien-si béke után 1801-ben tért vissza, remélvén, hogy régi hatalmát és befolyását visszanyerendi. A bajor tudományos akadémia reorganizációját is keresztül akarta vinni, azonban csakhamar észrevette, hogy reményei meghiusultak, minélfogva Bajorországot mindenkorra odahagyta s miután Svájcot beutazta s Genfben hosszabb ideig tartózkodott, Franciaországban telepedett le; nyári tartózkodása helyéül a Páris melletti Auteuil-t választotta. Az első konzul őt kitüntetőleg fogadta; 1803-ban az Institut-be is beválasztatott.

Rumford 1814 aug. 21-én 62 éves korában, Auteuil-ben halt meg. München lakói a város egyik nyilvános terén neki már 1795-ben emléksobrot állítottak.

Rumford, mindamellett hogy nyugtalan és türelmetlen természetű volt, nagyon rendes életmódot követett. Azonban ifjúkori kedélyessége egészen kiveszett belőle; ehhez járultak a kor szellemével össze nem férő politikai elvei, melyek épen nem voltak alkalmasak arra, hogy nagyobb körben népszerűsége tegyen szert. A köznépet oly gépnek tekintette, melyet csak azért kell táplálni, hogy a rá szabott munkát elvégezhesse s a nemzetek kormányzásában is a dologházi rendszert óhajtotta volna meghonosítani. A humanitás érdekeit előmozdító s kétségen kívül nagyon üdvös intézkedéseiben oly politikai motívumokból indult ki, melyek még eme társadalmi tevékenységére is árnyékot vetnek.

1805-ben másodszor nősült meg s Lavoisier özvegyét vette el. Azonban ez a frigy nem volt



szerencsés. A házastársak még a legcsekélyebb okok miatt is folytonosan pörlekedtek; Rumford magatartása nejeire nézve egészen tűrhetetlenné vált. Neje a házassági szerződésben kikötötte, hogy a Lavoisier nevet ezután is megtartja s ez a kikötés volt minden viszálynak kiinduló-pontja, míg végre 1809-ben a tényleges elválás következett be.

Mindamellett a grófné szalonja előkelő társaság gyülekező helye maradt; a politika, irodalom s a tudomány kitünőségei különös szeretettel látogatták a XVIII-ik század ez utolsó szalonját. Rumford grófné rövid betegség után 1836. febr. 10-én halt meg.

Rumford mintegy negyven fizikai értekezést írt; dolgozatai a Phil. Transactions- és az Institut emlékirataiban jelentek meg; értekezéseinek egyik részét külön is kiadta. Összes művei a következő cím alatt adattak ki: The complete Works of Count Rumford; published by the ame-

rican academy of arts and sciences, Boston,  
1870-74, 3 kötet, 8o.

**GAY-LUSSAC**



**GAY-LUSSAC.**

I. Gay-Lussac ifjúsága és tanulmányai. - Chemiai első munkái.

Joseph Louis Gay-Lussac 1778 decz. 6-án az Auvergne határán fekvő St. Léonard városkában született; atyja államügyész és Pont-de-Noblacban bíró volt.

Az elemi oktatásban szülővárosában részesült s egy ugyanott lakó lelkész vezetése alatt a latin nyelvet tanulta. Mindamellett, hogy igen szorgalmas tanuló volt, az ifjúság zajos örömeiről nem mondott le; néha egész napokat játékkal töltött, azonban az éj jó részét tanulással töltvén, a mulasztottakat lelkiismeretesen kipótolta. Arago különösen kiemeli, hogy az érett korában oly komoly magatartású Gay-Lussac ifjú korában lármas és heves természetű és vakmerő volt. Gay-Lussac maga beszélte el Arago-nak a következő esetet.

Gay-Lussac lakását a nagybátyjáétól, egy tiszteletreméltó lelkészétől, csak egy igen kicsiny udvar választá el. A lelkész az udvarra nyíló szo-

bájában gyümölcsöt tett el, melyet az ifjú Gay-Lussac annyira megkívánt, hogy meg nem állhatta, hogy abból néhány szép darabot birtokába ne kerítsen. Szobája ablaka s a gyümölcsös kamara ablaka közötti tért egy rúddal áthidalván, egy bottal, melynek végére késpengét erősített, fölfegyverkezett, a rúdon nyargalva átmászott, egy ablaktáblát bezúzott s a legszebb gyümölcsöt lándzsája hegyére tűzve, a zsákmánynyal ugyanazon az úton visszatért. E veszélyes expedíciót többször egymásután ismételvén, végre szülei a dolog nyomára jöttek s őt, valamint a vele egy szobában lakó öcscsét a lelkész elé vezették. Gay-Lussac először tagadásra fogta a dolgot, azonban a bizonyítékok világosak voltak s a hazugság kiderült. Gay-Lussac e fölötti szégyenében erősen fogadta, hogy az igazság ösvényéről többé semmi szín alatt nem fog letérni. Fogadását egész életén át híven megtartotta.

Gay-Lussac atyja az 1793-iki eseményeknek majdnem hogy áldozatul esett. Mint gyanús egyént elfogták s börtönbe vetették. Gay-Lussac

atyja iránti gyermeki aggodalomtól sarkalva, mindennap elment a helységben gyülekező klubba, hogy itt atyjának sorsáról tudomást szerezzen. A pártvezérek a bátor és erőteljes ifjút a Vendée ellen küldött seregbe akarták sorozni, de Gay-Lussac, bár a katonaélettől legkevésbé sem félt, atyja iránti szeretetből a törvényre hivatkozott, mondván: hogy a 15 éves ifjak nem hadkötelesek. Ezután többé nem zaklatták.

Gay-Lussac atyja a rémuralom bukása után szabadságát visszanyerte. Első gondja az volt, hogy hát, kinek tehetségeit hamar fölismerve, Párisba, a Savouret intézetébe küldje. Az 1795-ben beállott drágaság miatt ezt az intézetet tulajdonosa bezárta, minek következtében Gay-Lussac Sensier-nek a Párison kívül fekvő Passy-ban levő intézetébe lépett. Az általános drágaság miatt ez intézet tulajdonosa is elküldte növendékeit s csak Gay-Lussac-ot tartotta meg, a kinek szülei neki titokban lisztet küldöttek. A végső szükségben Sensier neje naponként Párisba ment, hogy itt két tehene tejét eladja, s mivel a közbiztonság igen

gyöngé lábbon állott, Gay-Lussac öt hosszú karddal fölfegyverkezve kísérte. A visszatérés nappal történvén, Gay-Lussac a nagyobb biztonságot arra használta föl, hogy a kocsi szalmáján heverve az algebrát és geometriát tanulja s így magát a politechnikai iskolának fölvételi vizsgálatára előkészítse.

1799 decz. 31-én Gay-Lussac a vizsgálatot fényes sikerrel kiállotta, s ez időtől fogva az intézet legjelesebb növendékeinek egyike volt. Kötelességeinek teljesen megfelelt s e mellett szabad idejét magántanítással töltötte. Az ezen az úton befolyt jövedelmet hozzácsatolván ama 30 francnyi fizetéshez, melyben az első politechnikai iskola mindegyik növendéke részesült, képes volt megélni a nélkül, hogy szüleit új áldozatokkal terhelte volna.

Midőn a híres Berthollet Bonaparte tábornok társaságában Egyiptomból visszatért, a politechnikai iskolától egy növendéket kért, kit chemiai vizsgálatainál segédül akart alkalmazni. E kitün-

tető állomásra Gay-Lussac-ot jelölték ki. Az ifjú növendéknek Berthollet laboratóriumában bő alkalma nyílt oly munkálatok végrehajtására is, a milyeneket asszisztenstől rendszerint nem várnak. Berthollet nem kevésbé volt meglepve, midőn egy alkalommal a Gay-Lussac-ra bízott munkálatnak egészen más volt az eredménye, mint a milyent előre várt; segédje fényes jövőjét azonnal fölismerte s büszke volt, hogy tanítója lehetett.

Gay-Lussac, a nélkül, hogy a Berthollet-nél betöltött állomásáról le kellett volna mondania, a Fourcroy kurzusai mellé repetítorrá neveztetett ki. Berthollet-nél a kitűnő tudósnak, Fourcroy-nál pedig a kitűnő tanárnak pályájára lépett.

## II. Gay-Lussac légutazásai.

A gondolat, hogy az ember a göröngyök fölé emelkedve, geometriai helyzeténél fogva is magasabb álláspontot foglaljon el egyéb teremtmények fölött, ép oly régi, mint a mily új e gondolatnak tudományos segédeszközökkel véghez vitt



megvalósítása, Daedalus és Ikarus mondája s az Archytas galambja oly dolgok, melyek legalább is arról tanúskodnak, hogy "a magasabb régiókba" való törekvés eszméje a reális törekvések tereén épen úgy, mint a képzeleték világában, egyaránt régi.

Roger Baco olyan repülő gép eszméjével foglalkozott, "melylyel az ember ép oly könnyen mozoghatna a levegőben mint a madár." Azonban a pusztá gondolat még nagyon messze esik a pozitív tervtől s még messzebb a megvalósulástól. A megvalósulás egészen az újabb kor érdeke.

A gépekkel való repülés eszméjének kivihetlensége csakhamar nyilvánvaló lett mindazon fizikusok és mechanikusok előtt, kik e tárgygyal foglalkoztak. A rendkívüli türelemmel és sok elmésséggel végrehajtott kísérletek gyakorlati eredmény nélkül maradtak. A feladat gyakorlati megfejtését nem dinamikai, hanem egyszerű hidrosztatikai elvek alkalmazásától lehetett várni. Ez

utóbbi irányban a XVII-ik században Lana bre-sciai jezsuita a XVIII-ikban pedig Galien domi-nikánus léptek föl először határozott, de kivihe-tetlen tervekkel. Az utóbbinak az e tárgyról írt művét zavart elme szüleményének tekintették.

1783 jun. S-én történt, hogy Montgolfier test-vérek Annonay-ben az első kísérleteket tették. Az ő léggömbjük papírral áthúzott vászonból ké-szült, 110 láb területű és 35 láb magasságú bal-lon volt, melynek alsó nyílásán szalmatüzet rak-tak. A tűz melege által kitágított levegő a ballon ránczait kisimította, s a ballon oly erővel kezdett emelkedni, hogy 8 ember alig volt képes vissza-tartani. A mint eleresztették, rohamosan emelke-dett s 10 percz lefolyása után mintegy 1000 to-ise-nyi magasságra szállott föl; végre Annonay-tól 4 kilométernyire leereszkedett.

Az annonay-i kísérlet sikerének híre Párisba eljutván, az akadémia a Montgolfier testvéreket Párisba hívta, hogy itt a kísérleteket ismételjék. De mire az ifjabb Montgolfier Párisba ért,

Charles fizikus a kísérletet a Mars-téren már végrehajtotta volt, még pedig egy firniszes szövetből készített s hidrogénnel megtöltött ballonnal. Montgolfier találmányát 1783 szept. 10-én Versailles-ban a király s az udvar előtt mutatta be; ugyanazon év nov. 21-én Pilatre de Rozier a léggömbbel először szállott föl, decz. 1-én pedig Charles a Robert társaságában Rozier kísérletét ismételte. E pillanattól kezdve a léghajózások sűrűn következtek egymásután. Az új találmány hadi célokra a fleurusi-i csatában szerepelt először.

A tudomány a léghajózásoktól sok fontos eredményt várt. Robertson és Lhoest vállalata (1803 júl. 18-án Hamburgban) volt az elseje ama csekély számú tudományos légutazásoknak, melyek tényleges eredményt mutattak föl. Ez a két légutazó azt tapasztalta, hogy a Földnek a mágnes-tűkre gyakorolt irányító ereje nagy magasságban csökken. Mivel már Bénédict de Saussure, midőn 1787-ben a Mont-Blanc-ot megmászta, hasonló észleletet tett, az Institut elhatározta, hogy döntő

észleletek tételével erre vállalkozó két fizikust fog megbízni. A választás Biot- és Gay-Lussac-ra esett, kik a megbízásnak ép oly készséggel, mint a mily ügyességgel és bátorsággal feleltek meg.

Ily vállalat, melynek résztvevői, nem törődve az őket minden pillanatban érhető veszélylyel, a légkör legfelsőbb régióiba emelkednek, hogy itt hidegvérrel és a laboratoriumában dolgozó tudós nyugalmaival észleleteket tegyenek, elismerést érdemel, még olyan korban is, melyben a léghajózás sok tapasztalás és sikeres kísérlet után éppen nem tartozik a rendkívüli dolgok közé.

1804 aug. 24-én a két fizikus kellő eszközökkel felszerelve a Conservatoire des arts et métiers kertjéből fölszállott. Emelkedés közben a magukkal vitt állatokkal tettek kísérleteket.

A ballon kicsinysége miatt 4000 méternél nagyobb magasságra nem emelkedhettek; e magasságban hozzáfogtak ahhoz, a mi az utazásuk fő-célja volt, a mágnesű észleléséhez, azonban a

ballon forgó mozgása miatt megbízható eredményeket nem kaptak; mindössze is csak öt lengés idejét észlelhatték.

Gay-Lussac nem volt az az ember, a ki fél úton megállott volna. Elhatározta, hogy újra, még pedig egyedül fog fölszállani. Biot beléegyezett, hogy szükség esetén a kísérleteket szintén ismételni fogja. Gay-Lussac szept. 9-én d. e. 9 óra 40 perczkor, ismét a Conservatoire kertjéből, egyedül szállott föl. Rövid idő alatt Páris fölött 6977 m, a tengerszíne fölött pedig 7019 m magasságot ért el. Ezt a magasságot a hegymászók soha, a légutazók közül pedig csak Barral és Bixio érték el s csak Glaisher multa fölül. Utazásának fiziológiai hatásait Gay-Lussac imígy adta elő:

"Midőn az emelkedés legmagasabb pontját elértem, lélekzésem megnehezült, de még korántsem éreztem magamat oly rosszúl, hogy magamat a leszállásra indítatva éreztem volna. Pulzusom és lélekzésem nagyon meggyorsult; mivel rendkívül száraz levegőben lélekzettem, nem kel-

lett meglepetve lennem az által, hogy a torkom annyira kiszáradt, hogy alig bírtam kenyeret nyelni."

E második utazás fontosabb eredményei a következők valának.

Midőn a hőmérő a 7016 m magasságban  $-9.5$  fokot mutatott, a párisi obszervatórium északi oldalán az árnyékban fölállított hőmérő  $+27.1$  fokot jelzett, tehát Gay-Lussac a d. e. 10 órától d. u. 3 óráig tartó időközben 37 foknyi mérsékletváltozásnak volt kitéve. Gay-Lussac thermométeres észleleteiből az következik, hogy a magasság növekedtével a mérséklet gyorsabban fogy a magasabb régiókban mint a Föld színéhez közelebb eső rétegekben. Azonban Gay-Lussac észleletei nem voltak teljesen megbízhatók, mivel a ballon gyors fölszállása miatt a hőmérőnek nem volt elég ideje, hogy a környezet mérsékletét fölvegye; továbbá az a formula, melylyel Gay-Lussac a magasságokat a légnyomás csökkenéséből meghatározta, a mérsékletnek a magassággal va-

lő egyenletes változását tételezte föl. Ilyes észleletekből csak akkor lehetne hibátlan következtetéseket vonni, ha kellő műszerekkel ellátott észlelők a ballon szukczzesszív magasságait háromszögtanilag meghatároznák.

A Saussure-féle higrométernek az egész utazás alkalmával nem volt ugyan szabályos járása, azonban Gay-Lussac ez eszköz adatait a hőmérő adataival összehasonlítván, mégis konstatálhatta, hogy a levegő gőztartalma a magasság növekedével igen gyorsan fogy.

Gay-Lussac 6366 m magasságban levegőt gyűjtött össze, s ezt leszállása után eudiométerrel elemezvén, azt találta, hogy a levegő ama magasságban alkotórészeit, az oxigént és a nitrogént, ugyanabban az arányban tartalmazza mint a Föld színén, s evvel megerősíté a Theodor de Saussure elemzését, melyet e tudós a Col du Géant-ról (Mont-Blanc csoport) magával hozott levegővel hajtott végre. Hogy a különböző szélességi fokok alatt, de a Föld színétől számított csekélyebb ma-

gasságokban levő levegőben az oxigén és a nitrogén állandó arányban fordulnak elő, ez már a Cavendish, Davy és Berthollet vizsgálataiból is kiderült.

Gay-Lussac továbbá kimutatta, hogy a magával hozott levegőben a hidrogénnek nyoma sem volt, s evvel megdöntötte Berthollet elméletét, mely szerint a villámlás és dörgés tünetényei a magas régiókban levő oxigén és hidrogén exploziójából erednek.

A mi a Gay-Lussac utazásának főczélját, azaz a mágnességi megfigyeléseket illeti: az észleletek nagyobb számúak és pontosabbak valának, mint az első utazás alkalmával. Azt tapasztalta, hogy a mágnestű, mely a Föld színén 42.2 mpercz alatt 10 lengést tett, 4808 m magasságban ugyanannyi lengést csak 42.8 mpercz, 5631 m magasságban 42.5, végre 6884 m magasságban 41.7 mpercz alatt végzett. Mivel e számok valami szabályos változást nem mutatnak, s a megfelelő inklináció-megfigyelésekkel össze-



kapcsolva nem valának, Gay-Lussac azokat a mágneses erő foghatkozásaira vonatkozólag bizonyító erejűeknek nem tekintette, hanem inkább csatlakozott Biot-nak szintén észleletekből vont ama nézetéhez, mely szerint a mágneses erő minden hozzáférhető magasságban állandó. A mérés-klet-változásnak a mágnesűre gyakorolt befolyása ekkor még nem volt ismeretes.

A mondottakból kitűnik, hogy Gay-Lussac második utazása sem vezetett döntő eredményekre. Világos, hogy erről Gay-Lussac mit sem tehet. Azonban őt illeti az érdem, hogy első volt, ki a tudományos légutazásoktól várható eredményeket kijelölte s efféle vizsgálatok útját törte. Barral és Bixio, valamint Glaisher eredményei fényesen tanúskodnak arról, hogy mily értékes dolgokkal gyarapodhatik a fizika Gay-Lussac vállalatának szakavatott ismételésével.

Gay-Lussac, miután észleleteit megtette, d. u. 3/4 5 órakor Rouen és Dieppe között a St. Gour-

gon majornál, Páristól 20 mérföldnyire, le-  
szállott.

### III. A gázok kiterjedése.

A chemiának az a korszaka, mely számos új  
gáz fölfedezése és a gázok tulajdonságainak  
megvizsgálása által vált emlékezetessé, s a me-  
lyet ez oknál fogra méltán nevezünk a pneumati-  
kus chemia korszakának, figyelmét a gázok fizi-  
kai tulajdonságaira is kiterjesztette.

A gázok fizikai szerkezetének megítélésében  
első sorban, s egészen helyesen, a hőnek a gá-  
zokra gyakorolt hatásai vétettek vizsgálat alá.

A levegőnek hőokoza erős tágulása oly szem-  
betűnő tény, melyet már Galilei értékesített. Pri-  
estley a pneumatikus chemia legkiválóbb műve-  
lője, volt az első, ki a gázok tágulásának számbe-  
li törvényeivel foglalkozott. Azonban a feltalált  
tényeket a legutolsó ízüig megvizsgálni, nem  
volt Priestley tudományos jellemvonása. A félbe-  
hagyott munkát Roy, B. de Saussube és Prieur  
vették föl. Prieur kísérleteiből azt következtette,

hogy a gázok mindegyike a tágulás alkalmával külön-külön törvénynek hódol. Mivel a francia fizikusok legjelesebbjei, különösen pedig Laplace, e következtetést helytelennek tartották, Gay-Lussac-ot megbízták, hogy alapos vizsgálatokkal a kérdést eldöntse.

Gay-Lussac ugyanazon a módon járt el, mint elődei. A megvizsgálandó gázt thermométeres edénybe, azaz hosszú csővel ellátott üveggolyóba vezette, s a külső levegőtől a csőbe tett kénesőccseppel elzárta. A vízszintesen fektetett készüléket először olvadó jégbe, azután pedig forró vízbe tette; a kénesőccsepp elmozdulásaiból, figyelembe véve magának az üvegnek kiterjedését, meghatározta a gáznak térfogat-növekedését a  $0^{\circ}$  és  $100^{\circ}$  határok között, s azt találta, hogy a megvizsgált gázok (levegő, oxigén, nitrogén, hidrogén) a mondott határok között, ha mérsékletük 1 celsiusi fokkal növekszik, eredeti térfogatuknak  $1/267$  részével terjednek ki. A különböző gázoknál mutatkozó eltérések oly csekélyek valának, hogy Gay-Lussac a különböző gázok kiterjedé-

sét, legalább igen nagy megközelítéssel, állandónak tekinthette.

Kevéssel Gay-Lussac kísérletei után Davy hasonló eredményre jutott: kimutatta, hogy a gázok, bármily nyomásnak vannak alávetve, ugyanazon mérsékleti határok között egyformán terjednek ki. Itt a gázok kiterjedése különböző nyomásoknál tulajdonképpen az állandó térfogat melletti feszítőerő-növekedésre vonatkozott, tehát Davy kísérleteiből az tűnt ki, hogy a feszítőerő-növekedés ugyanazon mérsékleti határok között állandó. Gay-Lussac Davy eredményeit az időközben ismételt kísérletek eredményeivel egybevetvén, 1807-ben a következő két tételt állította föl:

Valamennyi gáz az eredeti térfogat  $1/276$  részével terjed ki, ha mérsékletüket 1 fokkal növesztjük;

A gázok kiterjedése független a nyomástól.

E két törvényt azóta Gay-Lussac első, illetve második törvényének nevezzük; helyesebb volna

az első törvényt kiterjedési, a másodikat pedig feszítési törvénynek nevezni.

Itt nem hallgathatjuk el, hogy a híres Dalton, Gay-Lussac kísérleteivel egyidejűleg, de egészen függetlenül szintén meghatározta a gázok kiterjedését s ezt 0.392-nek találta. Gay-Lussac nem ismerte Dalton kísérleteit, mert különben az e tárgyra vonatkozó értekezésének történeti részében, melyben a megelőző vizsgálatokat tüzetesen felsorolja, Dalton vizsgálatairól is említést tett volna. Ugyane tárggyal Volta is foglalkozott s a kiterjedést 0.38-nak találta. A fizikusok a kiterjedés értékekül a Gay-Lussac által 1807-ben talált számot (0.375) fogadták el.

Gay-Lussac kísérleteivel a vizsgálatok még korántsem voltak befejezve. A fizikusok sok ideig azt vélték, hogy Gay-Lussac törvényei szigorúan állanak s e mellett a Mariotte-féle törvény teljes szigorúságát föltételezve, azt következtették, hogy a gázok - legalább a mi a kiterjedést illeti - ugyanazoknak a fizikai törvényeknek hó-

dolnak. Azonban Rudberg svéd fizikusnak újabb meghatározásai szerint a kiterjedési együttható 0.3646. Magnus Berlinben és Regnault Párisban folytatták a Rudberg kezdeményezte fölülvizsgálatot s Rudberg eredményeitől igen kevés eltérést kaptak. Egy szóval, kitűnt, hogy a Gay-Lussac száma mintegy  $1/36$ -dal nagyobb a valódi értéknél.

Gay-Lussac az elődei által elkövetett hibákat annak tulajdonította, hogy a levegő, melynek kiterjedését meghatározták, nem volt teljesen száraz, vagy legalább is a készülék belső falain higroskópos víz volt; a melegítésnél a víz elpárologván, a gőzök feszítő ereje a levegőt öregbítette s így esett meg, hogy Dalton és Volta kelleténél nagyobb számot kaptak. De éppen ezt a hibát követte el maga Gay-Lussac is, mert a Rudberg vizsgálataiból kiderült, hogy Gay-Lussac sok, de nem elegendő gondot fordított a gázok megszárástására.

A Gay-Lussac után tett gondos kísérleteknek elvi jelentősége tulajdonképpen abban áll, hogy hathatósan támogatták némely fizikusnak azt a nézetét, mely szerint minden gázt külön-külön kiterjedési együttható illet meg, holott Gay-Lussac ellenkező nézetet vallott, mondván, hogy e szám, legalább azon határok között, melyeken belül kísérleteit tette, állandó. Azonban a gondosabb kísérletek kiderítették, hogy a különböző gázoknak csakugyan különböző kiterjedésük van, s hogy az eltérések annál nagyobbak, mennél kevésbé tökéletesek az illető gázok, azaz mennél könnyebben lehet azokat folyósítani. Regnault vizsgálataiból továbbá kitűnt, hogy Gay-Lussac második törvénye sem áll szigorúan, azaz, hogy a feszítési együttható nem egyezik meg egészen a kiterjedésével s ezen fölül még szintén függ a gázok molekulás szerkezetétől.

IV. Gay-Lussac és Humboldt. - Utazásuk Olasz- és Németországban.

Humboldt-nak párisi második tartózkodása alatt jött létre közöttük és Gay-Lussac között az a benső baráti viszony, mely Gay-Lussac tudományos pályafutására sok tekintetben kiváló befolyást volt gyakorlandó.

Humboldt amerikai híres utazásából visszatérve, 1804 aug. 3-án kötött ki Bordeauxban. Azóta, hogy Franciaországot elhagyta, itt a viszonyok teljesen megváltoztak; csak egy tekintetben talált mindent a régi rendben: a tudományos köröknek iránta való szívességét, melyet most még expedíciójának sikere fölötti öröm fokozott; legnagyobb volt az öröm abban a kicsiny körben, mely Berthollet-nek arcueil-i lakásán szokott volt összegyülekezni.

Itt ismerkedett meg Gay-Lussac Humboldt-tal, bár a nem személyes ismeretségük már jóval régebbi keletű, de nem a legkellemesebb emlékeztető volt. Ugyanis midőn Humboldt elutazása előtt különféle előtanulmányokat tett, a többi között eudiométeres vizsgálatokkal is foglalkozott, de a



sietségben nyert eredmények valami pontosak nem valának, Gay-Lussac a hibákat észrevette s a Humboldt munkáját kissé hevesen megtámadta. Eme föllépés más valakivel szemben állandó idegenkedés kútfejévé válhatott volna, de Humboldt-tal szemben épen az ellenkező hatást szülte, mert a mint Gay-Lussac-al Berthollet-nél először találkozott, ő maga közeledett hozzá s barátságát meleg hangon kérte.

Az első munka, melyet Gay-Lussac Humboldt-tal közösen végrehajtott, a Volta-féle eudiométerrel elérhető pontosság meghatározása volt. Az e tárgyról közzétett értekezésben számos találó észrevételen kívül azt az igen fontos megjegyzést tették, hogy a víz képződése alkalmával mindig 100 térfogat rész oxigén 200 térf. rész hidrogénnel egyesül.

Gay-Lussac, mint már említettük, Fourcroy kurzusainak repetitora volt. Ez állomást, Berthollet baráti közbenjárására egy évre szabadságot kapván, elhagyta, hogy Humboldt társaságában

Olasz- és Németországban nagyobb utazást tette.

A két tudós, meteorológiai és a földmágnesség megfigyelésére szolgáló eszközökkel ellátva, 1805 márcz. 12-én indult el Párisból. Az első nagyobb állomást Lyonban tartották, hol a magukkal vitt eszközökkel észleleteket tettek. Az Alpek vidékén hasonló célból több állomást tartottak. Ez a hegyi utazás s az ekkor már gazdag tapasztalatokkal bíró Humboldt társasága Gay-Lussac ismeretkörének tágítására a legjobb hatással volt.

Miután a Mont-Cenis-n át Olaszországba érkeztek, először Genuába, innét pedig Rómába mentek; az utóbbi városban Humboldt Vilmosnak, Gay-Lussac útitársa bátyjának vendégei voltak. Humboldt Vilmos 1801 óta Rómában Poroszország miniszter-rezidense volt, palotája az akkoriban Rómában tartózkodó híres művészeknek (Thorwaldsen, Rauch stb.) rendes gyülekező helye volt. E művészek társasága, valamint az

örök város műkincseinek szemlélete fölkelte Gay-Lussac-ban a szépművészetek iránti érzéket s ízlését fejleszté.

Gay-Lussac római rövid tartózkodása a chemi-ára nézve sem volt haszon nélkül. Miután Morichini a laboratoriumát rendelkezésére bocsátotta, kimutatta, hogy a halak gerinczében a foszforsavon kívül még fluorsav is van; ezután a tolfai timsókövet elemezte.

Gay-Lussac és Humboldt 10 napi tartózkodás után (1805. jul. 15-én) Rómát odahagyták s az ekkor még fiatal, de már is híres Buch kíséretében Nápolyba mentek. "Az akkoriban nyugalmas Vezuv, mondja Arago, egyszerre mintha a három, híres észlelő szerencsés megérkeztét akarta volna ünnepelni, rendkívüli kitöréseket tett: volt ott hamú-eső, lávafolyam, elektromos tűnemény, szóval semmi sem hiányzott."

E szokatlan tűnemények, melyekhez borzasztó földrengés is járult, más utazóban félelmet gerjeszthettek volna, azonban Gay-Lussac-nak, ki

már bebizonyította volt, hogy a természet-törvények kutatásához nem csak ügyessége, hanem ha kell, bátorsága is van, épen kapóra jöttek: a tűzhányót tanulmányozandó, azt hatszor egymásután megmászta. Fönmaradó többi idejét a nápolyi gyűjtemények átvizsgálásával s chemiai vizsgálatokkal töltötte. Az akkori általános felfogással szemben kimutatta, hogy a tenger vizében levő levegő nem 21 perczent oxigént tartalmaz mint a körlég, hanem 30-at.

A három utazó visszament Rómába s rövid tartózkodás után szept. 17-én Flórenczbe indult. A nocerai híres fürdők útbaejtése Gay-Lussac-nak ismét egy hiba földerítésére adott alkalmat. Ugyanis Morichini elemzése szerint ama fürdő vizében elnyelve levő levegő 40 perczent oxigént tartalmazott volna s a víz gyógyító erejét az oxigén e nagy mennyiségének tulajdonította. Gay-Lussac kimutatta, hogy ebben a levegőben is csak 30 perczent oxigén van, tehát körülbelül annyi, mint minden más forrás vizétől elnyelt levegőben. "A mithológia korszakában, mondja

Arago, a görög költők ünnepelte hősök elhagyott vidékeken vándoroltak, hogy a rejtőzködő utonállókat és állati szörnyeket agyonverjék; a mi utazóinknak az a föladatuk látszott lenni, hogy útközben kiirtsák ama tévedéseket és előítéleteket, melyek gyakran több áldozatot követeltek mint a Hercules, Theseus, stb. által agyonvert szörnyek."

A három tudós szept. 22-kén Flórenczbe érkezett, hol Fabbroni, a gyűjtemények igazgatója, őket a legnagyobb előzékenységgel fogadta. Azonban Gay-Lussac-ra rossz benyomást tett az igazgatónak az a nyilatkozata, hogy a nagyherczeg fizikai gyűjteményében levő szép készülékeket még senkinek sem volt szabad használnia, mert a fémeket borító máz lekophatott volna!

Bolognai útjuk alkalmával útba ejtették a híres Pietra Mala-t, hogy a tüzes hegyet (monte di foco) megvizsgálják. Az e hegyből kitörő lángok (i fuochi), melyek különösen éjjel meglepő látványt nyújtanak, már régóta magukra vonták az

utazók figyelmét, azonban csak Volta vetette azokat tudományos vizsgálat alá s kimutatta, hogy ama lángok, valamint a Pietra Malától 1/4 órányira fekvő acqua bujo-ból fölszálló buborékokból eredő lángok a levegőn meggyulladó mo-csárlég eredményei.

Bolognában megismerkedtek Zambeccari gróffal, kinek egy légutazása alkalmával léghajója meggyuladván, a veszélyt kikerülendő, kötélén leereszkedett, még pedig oly szerencsétlenül, hogy hat ujját veszíté. A grófot ez a szerencsét-lenség újabb vállalatoktól nem riasztotta vissza s a kivitel módozatai fölött Gay-Lussac-kal értekezett. Azonban az új vállalat még szerencsétlenebbül végződött; a gróf a ballont hidrogénnel töltötte meg s ezt lámpákkal melegítette. A szerencsétlen légutazó az előre látható explózió áldozatává lett.

Gay-Lussac meglátogatta Pellegrini Savigny-t, a chemia tanárát, ki azonban nem a legjobb be-nyomást tette rá. Gay-Lussac a tudomány méltó-

ságához nem illő dolognak tartotta, hogy Savigny a chemiai tankönyvében azt is előadta, hogy miképen kell jó leveseket készíteni!

Okt. 1-én utazóink Milanóba érkeztek. Rájuk nézve itt a legfontosabb személyiség Volta volt, kit azonban nagy nehezen találhattak meg. Itt vették először hírét Configliacchi állítólagos találmányának, mely szerint a víz sósavból és nátrionból van összetéve! Midőn megkérdezték Volta-t, hogy miféle véleménynyel volna a Configliacchi kísérleti találmányáról, imígy válaszolt: "Láttam a kísérletet, de nem hiszek neki." E szavakkal kifejezte azt az óvatosságot, melylyel az ily rendkívüli dolgokat minden körülmény között fogadni kell.

A három utazó okt. közepén ment át a Szt. Gothárdon; útjokat egyenesen Göttingának vették; november 16-án pedig Berlinbe érkeztek. Itt Gay-Lussac az egész telet Humboldt házában töltötte s a város legjelesebb férfiainál előzékeny

fogadtatásra talált; a legtöbbet Klaproth chemikussal s Erman fizikussal érintkezett.

1806 tavaszán Gay-Lussac híret vette, hogy Brisson halálával az Institut-ben egy hely megürült. Remélve, hogy sikerülni fog magát e helyre megválasztatni, Berlint gyorsan odahagyta és sietve visszautazott Párisba. "Ha most vizsgáljuk, úgy mond Arago, Gay-Lussac ama kortársainak munkáit, kik e megürült hely elnyerését kétségesse tehették volna, csodálkozni lehetne a fölött, hogy a pályázat sikere érdekében Gay-Lussacnak multhatatlanúl jelen kellett lennie; azonban nem kell felednünk, hogy a XVIII-ik század végén s a XIX-iknek elején igazi fizikusnak csak azt tekintették, kinek igen szépen faragott, csinosan lakkozott s az üvegszekrények egész sorában elhelyezett készülékekből álló gazdag gyűjteménye volt. Csak nagy fáradsággal sikerült Gay-Lussac-nak, ki csak vizsgálatokra szánt kevés eszközzel rendelkezett, az efféle előítéleteket legyőznie." Gay-Lussac még 1806-ban megválasztatott az Institut tagjává.



V. Dalton atómos elmélete. - Gay-Lussac-nak a gázok egyesülésére vonatkozó törvénye.

A flogiszonos elmélet bukása után a vegyületek összetételének és szétbomlásának törvényei, a mennyiben ezek az anyagok minőségére vonatkoztak, az új chemia egyedüli alaptörvényei válnak. A chemiai összetételek számviszonyainak törvényei még hiányzottak; de a chemia rohamos fejlődése mellett e hézag is csakhamar kitöltetett. E szép feladat megoldása Dalton- és Gay-Lussac-ra maradt.

Dalton a megalapítója az atómos elméletnek. Mint minden fontos elméletet, úgy ezt is, bizonyos nézetek és megfigyelések előzték meg, a melyek rendszeresítésének és észszerűsítésének már is az új elméletre kellett vezetniök.

Az atómos eszméje ősrégi. Demokritos és Epikur ez eszmére egész filozófiai rendszert alapítottak, mely rendszer híveivel évszázadok lefolyása után is találkozunk. Az atómos felfogás különösen Gassendi-nél és Boyle-nál lépett előtér-

be. Az utóbbi szerint a chemiai egyesülés a testek legkisebb részecskéinek szoros összeilleszkedéséből ered.

A kísérleti tények e felfogást mindinkább érelték. Lavoisier volt az első, ki a vegyületek szétbomlásánál az alkotórészek súlyviszonyait megfigyelni kezdette s fölismerte, hogy két elem többféle, de meghatározott viszonyban egyesülhet; de a dolgot behatóbban nem vizsgálta meg. Richter (1762-1807) kimutatta, hogy az alkáliák ama súlymennyisége, mely valamely savnak bizonyos súlymennyiségét semlegesíti, más savnak más, de szintén állandó súlymennyiségét telíti. E tényből fölismerte, hogy a kellő kísérleti adatok segítségével ki lehet számtani azt a viszonyt, melyben a különféle alkáliák a savakkal egyesülnek. A chemikusok figyelmét a flogisztonos elmélet ellen vívott harcz annyira igénybe vette, hogy a Richter megfigyeléseit érdem szerint nem méltatták.

Proust (1755-1826) később kimutatta, hogy ha két elem többféle viszonyban egyesül, például ha a fémből több oxid képezhető, az alkotórészek mennyiségei bizonyos állandó viszonyban vannak; de vizsgálatai nem voltak eléggé pontosak, minélfogva a többszörös arányok törvényét, melynek feltalálásához már oly közel járt, tényleg föl nem találhatta.

Berthollet az *Essai de statique chimique*, Paris 1803 című híres művében megkísérlette, hogy a kémiai tűnemények nagy változatosságát az anyagnak bizonyos változatlan alaptulajdonságaira vezesse vissza; továbbá kijelölte a végső célt, melyre a kemiának törekednie kell: a mechanika elveihez hasonló általános alapelvek felállítását. De mivel abból a föltevésből indult ki, hogy a kémiai változások csakis mechanikai törvények által tételeztetnek föl, nem ismerhette el, hogy az egyszerű testek határozott súlyviszonyok szerint egyesülnek. Épen az általánosságra való törekvés vezette tévútra Berthollet-t, ki ama nézet fölött Proust-tal élénk vitába keveredett.

Ez a vita még élénken foglalkoztatta az elmét, midőn Dalton (1766-1844), nem törődve a mások nézeteivel, hanem egyedül a saját kísérleteire támaszkodva, 1801-ben a többszörös arányok törvényét felállította. Eme nevezetes törvényre őt a szén-hidrogén és a szén-oxigén vegyületek vizsgálata vezette. Nem maradt egyéb hátra, mint hogy e törvénynek elméleti alapot szerezzen s így annak helyes értelmet adjon. Spekulatív szellemének sikerült oly elméletet fölláلتani, mely a kémiai vizsgálatokat új, s azóta folyvást követett irányba terelte.

Elmélkedéseinek kiinduló pontja valószínűleg az atomok klasszikus eszméje volt. Dalton föltette, "hogy az anyag mindegyik fajának vagy az elemi testeknek változatlan súlyú atomjaik vannak s hogy a különböző fajú anyagok vagy elemi testek egyesülése nem az anyaguk áthatolásából, hanem atomjaik egymásra rakódásából ered." Ez elmélettel a többszörös arányok törvénye világossá válik; ha például két elemnek bizonyos vegyületében az egyik elem minden egyes atomja a

másik elemnek csak egy-egy atómjával egyesül, egy másik vegyületben pedig az első elem egyes atómjai a második elemnek két-két atómjával egyesülnek: nyilván való, hogy az utóbbi vegyületben a második elem kétszer akkora súlyviszonyban fog jelen lenni, mint az elsőben.

Dalton az atómos elméletet 1803-ban egy, a gázok abszorpczióját tárgyaló értekezésben terjesztette a manchesteri természetvizsgáló társaság elé. Ez értekezésben közzétette a testek legkisebb részecskéinek súlyviszonyait előtüntető táblázatot, melyet a saját vizsgálatai alapján állított össze. Adatai, melyeket maga is többszörsen kiigazított s kétségeseknek jelentett ki, legtöbbszörre hibásak voltak. A chemikusok akkor még nem rendelkeztek pontos elemzések végrehajtására szolgáló eszközökkel s valóban csodálunk kell Dalton átható szellemét, hogy a hiányos eredményekből is képes volt a chemia legfontosabb elméleteinek egyikét fölállítani. Föntebb mondtuk, hogy Dalton valószínűleg az atóмок klasszikus eszméjéből indúlt, mert esz-

memenetét soha sem árulta el. Dalton eleintén matematikával és fizikával foglalkozott, s lehetséges, hogy matematikai elmélkedések vezették az elmélet felállítására. Vizsgálataiban, bár nem tartozott az első rangú experimentátorok közé, csak a saját kísérleteire támaszkodott; maga mondá, hogy a mások eredményei gyakran tévútra vezették.

Dalton a súlyviszonyok törvényét feltalálván, a feladatot csak az egyik irányban oldotta meg. Dalton csak az elemeknek s az ezeket alkotó atomoknak súlyviszonyait vette figyelembe, a térfogat szerinti egyesülés törvényét Gay-Lussac szellemének köszönhetjük.

Gay-Lussac és Humboldt már 1805-ben találták, hogy midőn az oxigén a hidrogénnel vízzé egyesül, az előbbennek egy térfogati része az utóbbinak két térfogati részével egyesül. Ez volt az az észlelet, mely Gay-Lussac kezei között egy általános törvény kiinduló pontjává lett. Az értekezés, melyben ez a tény mint egyszerű meg-

jegyzés szerénykedik, Gay-Lussac és Humboldt közös munkája volt, s ennél fogva mi sem látszik természetesebbnek és jogosultabbnak, mint hogy az első lépés érdemét e két tudós között egyenlően osztjuk meg. Hogy azonban az érdem főrésze mégis Gay-Lussac-ot illeti meg, ez a legvilágosabban kitűnik Arago-nak következő megjegyzéseiből.

"Tudományos folyóiratainkban sok értekezés két egyesült szerző neve alatt jelen meg. Az egyesülés e nemének, mely más nemzeteknél ritkábban fordul elő, megvannak a maga rossz oldalai. Ha azt a ritka esetet, midőn mindegyik munkatárs része a közös leírásban nyíltan ki van tüntetve, kiveszszük, akkor a közönség egyáltalában nem hajlandó, hogy a két munkatársnak egyenlő részt tulajdonítson..... Az egyiktől egészen megvonja a szellemi tulajdon jogát és tevékenységét csak a kísérletek gépies kivitelére szorítja. A közös publikációk eme rossz oldalai elmaradnak, ha az egyik munkatárs vonakodás nélkül lemondván arról a részről, mely a másikat il-

leti meg, elhatározza magát, hogy a közönséget előítéletes s gyakran rosszakaratú megjegyzésektől megóvjá. A sors így akarta, hogy Gay-Lussac ilyen munkatársra akadt. Ugyanis Humboldt egyik jegyzetében a következő helyre találtam: Állapodjunk meg egy kissé ez értekezésnek ama megjegyzésénél, mely szerint 100 térf. oxigén a telítésre 200 térf. rész hidrogént kíván. Már Berzelius emlékeztetett arra, hogy ez az észlelet a határozott viszonyokra vonatkozó fölfedezések csírája, azonban a teljes telítés tényét egyedül Gay-Lussac éles elméjének köszönhetjük. A kísérletek eme részénél közreműködtem ugyan, de egyedül ő ismerte föl az eredmény elméleti fontosságát."

Gay-Lussac az első fölfedezés után nem sokára az általános törvénnyel lépett föl. 1808-ban az arcueil-i társaság emlékirataiban közzétett dolgozatában kimutatta, hogy nemcsak az oxigén és hidrogén, hanem más egyszerű gázok egyesülésénél is a térfogatok egyszerű viszonyban vannak, azaz hogy az egyik gáznak egy térfogata a



másik gáznak 1, 2, 3 térfogatával, vagy pedig az egyik gáznak két térfogata egy másik gáznak 1, 2, 3 térfogatával, és így tovább, egyesülhet.

E törvényt Gay-Lussac kísérletei teljesen igazolták. Ő azonban még tovább ment. Ugyanis azt találta, hogy ha két egyszerű gáz egyesüléséből eredő vegyület ismét gázalakú, akkor a vegyület térfogata is az eredeti térfogatokkal igen egyszerű viszonyban van. Két térfogat hidrogén és egy térfogat oxigén két térfogat vízgőzt, egy térfogat chlór és egy térfogat hidrogén két térfogat sósavat alkot és így tovább.

Gay-Lussac eme törvényének elméleti fontossága szembetűnő. A belőle folyó első következmény az, hogy egy gáz adott térfogatában levő atomok számának egy másik gáz ugyanakkora térfogatában levő atomok számával (föltéve, hogy a nyomás és a mérséklet ugyanaz) egyszerű viszonyban kell lennie. Nyilván való volt, hogy e viszony feltalálása az atomos elmélet betetőzése volna.

E feladat, a dolog természete szerint, csak valamely szerencsés hipotézisben lelheti megoldását. A legegyszerűbb s amint látszik az egyedül helyes hipotézist 1811-ben Amadeo Avogadro állította föl. E hipotézis szerint a különböző gázok egyenlő térfogatában a legkisebb részecskék egyenlő számmal vannak, akár egyszerű a gáz, akár pedig összetett. E tételből következik, hogy az egyszerű gázok legkisebb részecskéi nem állhatnak egyes atómkból, hanem legalább is kétből vannak összetéve. Mert tegyük föl például, hogy a hidrogén bizonyos térfogatában 100 részecske van, akkor ugyanakkora térfogatú chlórban szintén csak 100 részecske lehet. Mivel pedig a két gáz egyesüléséből két térfogat hidrochlór keletkezik s ebben 200 részecskének kell lennie, továbbá mivel a keletkezett gáz mindegyik részecskéje hidrogénből és chlórból áll, nyilvánvaló, hogy a hidrochlór keletkezésénél a hidrogén és chlór mindegyik részecskéjének két részre kellett szakadnia, tehát a hidrochlór molekulái egy hidrogén- s egy chlóratómból állanak. Ha-

sonlóképen könnyű belátni, hogy a víz képződésénél mindegyik oxigén-részecske két atómra oszlik.

A mondottakból kitűnik, hogy Gay-Lussac törvényéből a gőzsűrűség elméletileg meghatározható. Ha például a hidrogén bizonyos térfogatának súlyát egységül vesszük, az oxigén ugyanakkora térfogatának súlyát 16-nak találjuk; két térfogat hidrogén egy térfogat oxigénnel két térfogat vízgőzzé egyesülvén, nyilván való, hogy egy térfogat vízgőz súlya  $(2+16)/2 = 9$  leend. Gay-Lussac ily módon nemcsak a tulajdonképeni gőzöknek, hanem több szilárd testnek is, mint például a szénnek, jódnak stb., melyek bizonyos légnemű vegyületeknek alkotórészei, a gőzsűrűségét meghatározta. A későbbi kísérletek Gay-Lussac eredményeinek helyességét teljesen megerősítették.

A gőzsűrűségnek s evvel együtt a molekulasúlynak kísérleti meghatározására Gay-Lussac külön eljárást gondolt ki. A gőzsűrűség alatt

rendszerint azt a számot értjük, mely megmutatja, hogy hányszor nagyobb a gőz súlya az ugyanakkora térfogatú, mérsékletű és nyomású levegő súlyánál. Mivel azonban a levegő súlyát közvetlenül csak 0 fok mérséklet és 760 mm nyomásnál ismerjük, ezt a súlyt a gőz mérsékletével és nyomásával összehangba kell hoznunk. Tehát a Gay-Lussac által megfejtendő feladat a következő volt: oly készüléket összeállítani, melylyel a gőz térfogatát, nyomását, mérsékletét és súlyát meghatározni lehessen. Gay-Lussac készüléke mindezeknek a követelményeknek megfelelt; a kívánt adatok a készülék által pontosan meghatározhatók, csak a gőz súlyát kell az elpárologtató folyadék súlya által előzetesen meghatározni. Gay-Lussac e készülékkel a vízgőz sűrűségét 0.62-nek találta, mely szám, ha ezt a hidrogén sűrűségére vonatkoztatjuk, az elméleti úton talált számmal (9) megegyezik.

VI. Gay-Lussac a politechnikai iskolán tanár. - Egyéb chemiai találmányai.

A gázok fizikai és chemiai törvényei, melyekkel Gay-Lussac a tudományt gazdagította, oly jelentősek valának, hogy szerzőjük dicsőségének megörökítésére teljesen elegendők lettek volna. E munkálatok után Gay-Lussac tudományos értéke iránt többé kétség nem lehetett. Gay-Lussac neve a tudományos világ köreiben ünnepeltté vált, a franczia nemzet őt egyik büszkeségének tekintette. Ha Gay-Lussac-nak tudományos tevékenysége még valami kívánni valót hagyott hátra, ez nem lehetett egyéb, mint hogy gazdag ismereteit a jövőndő nemzedék számára értékesítse. Az erre szolgáló alkalom 1809-ben adatott meg neki, a mikor is a politechnikai iskolához, melynél, persze csekélyebb hatáskörben, már eddig is kiváló sikerrel működött, a chemia tanárává neveztetett ki.

A kutatások, melyeket ez időtől fogva végrehajtania bővebb alkalma volt, a fizikát és chemiát egyaránt jelentős tényekkel gazdagították. A chemia történetének egyik kiváló fejezetét kellene megírnunk, ha Gay-Lussac találmányait fejlődé-

sük okozatos összefüggésében és következményeik súlya szerint előtűntetni akarnók.

Semmi sem tűntette föl világosabban ama nagy eredményeket, melyeket a tudomány Volta találmányától várhat, mint az elektromos elemzések. Az idevágó találmányok sorozatát Nicholson és Carlisle nyitották meg a víz felbontásával. A tudományos világ beható érdeklődése Napoleon császárra is átszállott. Napoleon egy hatalmas elektromos oszlop összeállítására jelentékeny összeget bocsátott a politechnikai iskola rendelkezésére. Az oszlop összeállításával Gay-Lussac és Thénard bíztak meg. Az első eredmény a kálium és nátriumnak nagy mennyiségben való előállítása volt, s ez által újabb vizsgálatokra szolgáló eszköz birtokába jutottak. A bór feltalálása az ezen az úton elért eredmények között az első helyet foglalja el.

A chlórt Scheele állította elő először 1774-ben (sósavból és barnakőből) s az akkori nézeteknek megfelelőleg deflogisztált sósavnak nevezte.

Berthollet, támaszkodva Lavoisier elméletére, 1785-ben kimutatta, hogy ez az anyag a sósav és az oxigén vegyületének, vagyis oxidált sósavnak tekintendő. Minthogy Lavoisier szerint az oxigén minden savnak nélkülözhetetlen alkotórésze, Berthollet csatlakozott Lavoisier-nek ama nézetéhez is, mely szerint a közönséges sósav az oxigénnek és valamely még ismeretlen különös anyagnak vegyülete.

Gay-Lussac és Thénard a chlórt körülményesen megvizsgálván, azt találták, hogy azt egyszerű testnek lehetne tartani, azonban a mutatkozó tüneteményeket jobban ki lehet magyarázni, ha az oxidált sósav az összetett testek közé számíttatik. E nézetük kifejezésében őket nem annyira meggyőződésük sugallata, mint inkább öreg mestereik (Berthollet, Fourcroy, Chaptal) iránt való tiszteletük vezérelte; az utóbbiak vallásos kegyelettel csüggték Lavoisier elméletén. Hogy a chlór valóban egyszerű test, ezt 1810-ben Davy mutatta ki.

Gay-Lussac a szerves elemzés módszerét tetemesen javította.

A jódra vonatkozó vizsgálatait a kémiai vizsgálatok mintaképének kell tekintenünk. Ezt az elemet 1811-ben Courtois, salétromkészítő, a tengeri növények hamujából előállított szódának anyalúgjában találta. Courtois találmányát Clement és Desormes-mal közölte, a kik idevonatkozó vizsgálataikat 1813-ban az akadémia elé terjesztették. Az ekkor Párisban tartózkodó Davy Clement által az új anyaggal megismerkedvén, ezt vizsgálat alá vetette. Gay-Lussac erről értesülvén, nehogy az új anyag tanulmányozásának dicsősége idegen tudósra essék, azonnal elment Cs-hoz s a tőle kapott csekély mennyiségű anyagot tüzetesen megvizsgálta. Gay-Lussac kimutatta, hogy ez az anyag egyszerű test, melyet gőzeinek ibolya színe miatt jódnak nevezett. Ezután megmutatta, hogy a jód a hidrogénnel is alkot savat s ez által egy újabb példával bebizonyította, hogy az oxigén nem az egyedüli savnemző elem; ezelőtt csak a sósavra és a kéksavra lehetett hi-



vatkozni. E hamarosan végrehajtott vizsgálatokat kibővítette s az e tárgyra vonatkozó híres értekezését 1814. aug. 1-én az akadémia elé terjesztette. A XVIII-ik század elején feltalált berlini kék kémiai megvizsgálásával számos francia kémikus foglalkozott. De összevágó eredményre nem jutottak.

Scheele már 1782-ben kimutatta, hogy a vérlúgsónak kénsavval való lepárlása alkalmával könnyen illó és gyúlékony, különben pedig vízben oldható anyag képződik, mely anyag alkáliával és vasvitrióllal kezelve ismét kékszínűvé válik, s azt berlini kéksavnak vagy röviden kéksavnak nevezte. Berthollet kimutatta, hogy a vérlúgsó kéksavon és alkálián kívül még vasat is tartalmaz, s hogy a kéksav szénből, nitrogén- és hidrogénből áll. Ez az észlelet a mások kísérletei által is megerősítettett, azonban Gay-Lussac-nak volt fentartva, hogy a kéksavnak és sóinak összetételére világosságot derítsen. Először is tiszta kéksavat állított elő, a mi elődeinek nem sikerült. Ezután megmutatta, hogy miként lehet a savnak

gyökerét, a cziánt, különválasztani. Ez megtörténvén, bebizonyította, hogy a czián szénből és nitrogénből áll; hogy a kéksav nem egyéb, mint egyszerű és a hidrogénnek összetétele s megmutatta a kéksavnak különböző egyszerű s összetett anyagokra gyakorolt reakcióit s a cziánnak chlórvegyületét állította elő. Azonban a chemia fejlődésére nézve a legfontosabb az volt, hogy a czián, bár összetett test, hidrogénnel és a fémekkel egyszerű test módjára egyesül, a mi akkor, midőn e tényt földerítette, egyedüli esetként állott. Ebből kitűnik, hogy ama nevezetes tételt, mely szerint némely összetett test sok tekintetben egyszerű testként szerepelhet, Gay-Lussac-nak köszönhetjük.

Eme nevezetes vizsgálatok ez eredményeit 1815. szept. 16-án terjesztette az akadémia elé. Az érdemet, melyet velük szerzett, annál nyomósabbnak fogjuk tartani, ha meggondoljuk, hogy a cziánhidrogén, mindamellett hogy olyan anyagokból áll, melyek magukban véve egészen ártalmatlanok, a legveszedelmesebb mérgek egyike,

minélfogva Gay-Lussac a legkisebb vigyázatlanság által tudományos buzgalmának áldozatúl eshetett volna.

VII. Gay-Lussac meteorológiai vizsgálatai. - Tevékenysége a gyakorlati téren.

Gay-Lussac, ki annyi bonyolódott tüneteknek okaira fényt derített, a meteorológia legnehezebb kérdéseitől sem rettent vissza. Persze, az itt megvizsgálandó dolgokat már nem tehetette retorájába s közvetetlen kísérletek által nem győződhetett meg nézetei helyességéről; mégis, elmélkedéseinek eredményei kitűnő spekulatív szellemről tanúskodnak.

Gay-Lussac a vízgőzök lebegését nagy magasságokban az alulról fölfelé irányuló légáramoknak tulajdonította; a vízgőzök képződése és szétterjedése a levegőben s légüres térben, elmélkedéseinek fontos tárgya volt. A zivataros felhőkben és az égiháború tünetényeiben csupán a légköri elektromosság hatásait látta: a nedves levegőben szétszórt elektromosság a felhőkben konc-

zentrálódik s ha a felhők eléggé sűrűk, az elektromosság, miként a szilárd testeknél, csak felületükön gyűl össze, s itt oly nagy feszültséget érhet el, hogy a levegő ellenállását legyőzve, hosszú szikrákban más felhőkbe vagy a földre csap.

Gay-Lussac figyelme még a vulkáni tűneményekre is kiterjedt. Véleménye szerint e tűnemények első sorban a víz, nevezetesen a tenger vize gyulékony anyagokra gyakorolt hatásának tulajdonítandók. A Föld belső, középponti melegének hipotézisét elvetette. A vulkáni tűneményeket Gay-Lussac elmékedései nem fejtették ugyan meg, de nézetei, különösen a mennyiben a vulkáni hatásokat a tenger vízének tulajdonítja, nagyon találóak, és szorgalmas észleletek tételére utalván, egészen helyesen kijelölte azt az utat, melyen eme rejtélyes feladat megfejtésének birtokába juthatunk.

Gay-Lussac hordozható barométere, különösen a Bunten által végrehajtott javítás után, a meteo-

rológiának közvetetlen szolgálatokat tett s nagy elterjedésnek örvendett.

Könnyű belátni, hogy Gay-Lussac tudományos munkáinak a gyakorlati életre üdvös befolyással kellett lenniök. Gay-Lussac a chemiát fejleszté, s hogy eme fejlődésnek mily nagy befolyása van az ipari és technikai tevékenység minden egyes ágára, ennek bizonyíttatására fölösleges volna szót vesztegetni. Azonban Gay-Lussac nemcsak közvetett úton fejleszté a gyakorlati élet segéd-eszközeit; éles elméje, ha kellett, ép oly ügyesen megfejté a gyakorlatias irányú feladatokat, mint a tudományosakat. Hogy tevékenységének ezt az irányát a jólét és az anyagi haszonra való törekvés jelölte ki, ebben csak az láthatna a nagy férfiú tudományos működéséhez nem illő szellemi irányzatot, a ki elfeledné, hogy az anyagi jólét nemcsak az egyesek, hanem egész nemzetek boldogításának s bizonyos tekintetben a szellemi fejlődésnek is alapföltétele.

A kormány bizalma Gay-Lussac iránt már 1804-ben nyilvánult, midőn őt a művészetek és a kézműipar bizottságának tagjai közé választotta. A kormány, hogy Gay-Lussac ismereteit az állam javára minél nagyobb mértékben értékesítse, őt a puskaporgyártás érdekében működő bizottságba is kinevezte. Vauquelin halála után a fémjelző hivatal vezetése is reá bízott s alig voltak technikai szakbizottságok, melyek Gay-Lussac hathatós tanácsait igénybe nem vették volna. A kereskedelmi cikkek hamisításának fölismerésére szolgáló eljárásai, a kénsav-gyártás javítása, saját találmányú alkoholométere s az ezüst-réz ötvények elemzése mind oly dolgok, melyekkel a tudomány eredményeit a közjó javára értékesítette.

VIII. Gay-Lussac tanári működése. - Magánélete. - Halála.

Említettük, hogy Gay-Lussac 1809-ben a politechnikai iskolához a chemia tanárává neveztetett ki. Azonban tanári működése nem szorítkozott

csupán csak erre az állomásra; hosszú időn át a Sorbonne-ban fizikai, a Jardin des Plantes-ban pedig kémiai előadásokat tartott. Így a tudományszomjas ifjúságnak többféle alkalma volt, hogy a nagy mester szellemi tőkéjéből a magáét gyarapítsa. Tanári működését benső barátja és akadémikus kollégája, Arago, a következőképen jellemzi: "Gay-Lussac minden alkalommal kitüntette a dagályos frázisok iránti ellenszenvét, holott első címzetes tanára, méltó hírneve daczára, azokkal gyakran élt s így aztán az ammoniak, szén, nitrogén stb. műkifejezések mellé a legfellegősebb szavak kerültek. Nyelvezete és stílusa józan, szabatos és erőteljes volt..... Miként mások, úgy ő is bámulatba ejthette volna auditoriumát, ha írott jegyzetek nélkül lépett volna föl, így azonban kitehette volna magát annak, hogy hibás adatokat közölt volna, már pedig a pontosság volt az az érdem, melyre első sorban fektetett súlyt. Az idegen, nevezetesen az angol, olasz és német nyelvben való jártassága folytán előadá-

sainak eredeti forrásokból merített, igazán tudományos tartalmuk volt...."

A veszélyeket, melyek a chemikust fenyegetik, midőn ismeretlen hatású új anyagokkal dolgozik, Gay-Lussac sem kerülhette el. 1808-ban az új módszer szerint készített kálium által szemein súlyosan megsérült s szeme világát csak egy hónap múlva nyerte vissza. Szemei egész életén át vörösek és gyengék maradtak. Egy másik alkalommal egy szén-hidrogéngázzal megtöltött ballon ismeretlen okból oly hevesen robbant föl, hogy az üvegtörmelékek, mintha csak puskából lőtték volna ki, a laboratóriumban levő üvegedényekbe repedés nélküli éles lyukakat vágtak. Gay-Lussac ez alkalommal a karján kapott súlyos sebet, melyből csak hosszú orvoslás után épült föl.

Gay-Lussac munkálkodásának súlypontja abba az időbe esik, melyben a chemia gyökeres átalakulásokon ment át. Nem csoda tehát, hogy tudományos viták mellett a prioritás kérdéseit illető



személyes vitákba is keveredett. Ellenfelei, mint például Davy, Dalton, Berzelius stb. hozzá mérők valának. A vitákban, tekintet nélkül az érdekelt személyekre, rövideden és szigorúan ítélte meg a tárgyat; önmaga iránt sem volt kíméletesebb, ha az igazság érdeke úgy kívánta, hogy kevésbé pontos meghatározásai fölött ítéletet mondjon.

Gay-Lussac különös szeretettel ragaszkodott szülőföldjéhez. Ez a szeretete annyira ment, hogy sohasem ment a színházba, midőn Molière Pourceaugnac-ját játszottak, mert e darab ügyetlen hőse limoges-i születésű volt. Annál nagyobb volt öröme, midőn Scribe Az új Pourceaugnac című bohózatot írt; e darabnak szintén limoges-i születésű hőse, Roussignac, valamennyi többi szereplőt szellemes tréfáival faggatta.

Hogy mily szíves vonzalommal viseltetett Gay-Lussac barátai iránt, ez kitűnik a következő esetből:

Magasabb helyen elhatározták, hogy Arago, szabadelvű érzülete miatt, a politechnikai iskolától eltávolítandó. Miután ellene, mint tudós és tanár ellen, a legcsekélyebb kifogást sem lehetett tenni, politikai okokat kellett szerepeltetni. Az irodalom egyik tanára az oktatásügyi tanácsban felhozta, hogy az olyan emberre, ki a corsicai usurpator ügyét bármi módon támogatta, az ifjúság szellemi vezetését bízni nem lehet. Arago azon volt, hogy felszólaljon, de Gay-Lussac hirtelen felállott s kijelenté, hogy barátja bűnét ő is elkövette s hogy a jövőben is bármiféle kormányt, még a Robespierre-ét is támogatni fogná, ha a haza határait külső ellenség fenyegetné, s ha ama hazafias intencziókon kívül egyéb vádat nem lehet felhozni, kezdjék meg a purifikációt a saját személyén. E nyílt beszéd megtette a kellő hatást, a vádló azonnal átlátta, hogy indítványa oly következményeket vonna maga után, melyek az előre kijelölt határokat messze túllépnék, s a dolog el volt intézve.

A ki csupán Gay-Lussac tudományos komoly életét ismeri, talán azt hihetné, hogy magánélete minden regényes vonás híján volt. Hogy e föltevés helytelen volna, kitűnik a következő elbeszélésből, melyet szintén Arago után közlünk.

Az első forradalom kitörésekor Auxerre-ben egy zenész élt, ki a város négy czéhében s tanintézetében kereste kenyerét. Midőn 1791-ben ez intézeteket feloszlatták, a tiszteletre méltó családapa szorult helyzetbe jutott. Hogy családja jövőjét biztosítsa, elhatározta, hogy nejének csekély vagyonát tanítónékká kiképezendő három leánya nevelésének fogja szentelni. Azonban a legidősebb leány, tekintettel a szülei által hozandó áldozat nagyságára, mindenáron egy párisi kereskedésben akart alkalmazást nyerni s mindaddig ott maradni, míg testvérei a kitűzött célt el nem érik. Így történt, hogy Josephine, ez volt a leány neve, egy párisi vászonkereskedésbe jutott.

Gay-Lussac egy ízben e kereskedésbe vetődén, észrevette, hogy egy 16 éves leányka nagy

érdeklődéssel olvas egy előtte fekvő könyvből. A leányhoz intézett kérdésre azt a feleletet kapta, hogy ez az érdekes olvasmány - chemiai tankönyv.

A leány Josephine volt, s az ismeretség első pillanatától fölkelte Gay-Lussac érdeklődését. A híres fizikus többrendbeli fölösleges bevásárlás után, melyek a kölcsönös vonzalmat még inkább élesztették, a leányt nőül kérte. Hogy leendő élet-társának nevelését befejezze, különösen pedig hogy az olasz és angol nyelvben kiképeztesse, először egy nevelő-intézetbe járatta s csak később vette nőül. Gay-Lussac választása szerencsés volt; neje, ki egy nagyvilági nőnek s a jó családjának minden jó tulajdonságával ékeskedett, öt negyven éven át boldogította.

Még csak Gay-Lussac politikai működéséről akarunk néhány szót szólani. Polgártársainak bizalmából 1830 óta a képviselők kamarájának tagjává több ízben megválasztatott. Azonban a sok párt közül egyik sem dicsekedhetett avval, hogy

Gay-Lussac-ot hívei közé számíthatta volna. Ritkán lépett a szószékre, s ekkor is csak azért, hogy egyes szakkérdésekhez szóljon. Politikai vitákba sohasem keveredett; jól tudta, hogy a politikai ármányok a csendes munkálkodáshoz szokott tudósnak tevékenységére nincsenek jótékony befo-lyással.

Berthollet a császárság idejében szenátorrá, a restauráció alatt pedig Franciaország pair-jévé lett. Kardját, mint a paires díszöltözetének egyik kiegészítő részét, 1822-ben bekövetkezett halála előtt Gay-Lussac-ra testálta. Ez a tény általános föltűnést keltett, azonban Berthollet intencziója világos és tiszta volt: nem akarta, hogy az állam első testülete ne számítsa tagjai közé egy képviselőjét ama tudománynak, mely Franciaország jólétének és hatalmának egyik leghathatósabb tényezője volt; választása az akkori chemikusok legjelesebbjére, barátjára, Gay-Lussac-ra esett. A hagyományozónak emez intencziója után mi sem lett volna természetesebb, mint ha Gay-Lussac az elődje által neki szánt méltóságot minél előbb el-

nyerte volna. Azonban a megérdemlett kitüntetés, mindamellett, hogy a hozzá való kellékekből, hír és dicsőségéből, társadalmi állásból, sőt még vagyonból sem hiányzott semmi, sokáig késett. Gay-Lussac barátai csak hosszas tudakozódás után jöttek e megfejthetetlennek látszó késedelem okára, mely abból állott, hogy a híres fizikus naponként elment a fémjelző hivatalba, hogy itt az állam jólétét keze munkájával mozgássa elő. Mivel pedig az intéző körök a munkának ezt a nemét a pairi méltósággal összeférőnek nem tartották, Gay-Lussac csak több évi halasztás után léphetett Berthollet örökségébe.

1850-ben Gay-Lussac egészsége mindinkább roszra fordult.

Midőn végét már közellevőnek érezte, meghagyta fiának, hogy a chemia philosophiája című befejezetlen művét elégeesse. A javulás pillanataiban e tettét megbánta, mert remélte, hogy e művét, valamint másokat is, melyeket tervezett, be fogja fejezhetni. E reménye meghiusult

ugyan, de művének elégettetése által mindvégig szilárdan megmaradt amaz elvénél, hogy félmun-kával nem lép a nyilvánosság elé.

Gay-Lussac 1850 máj. 9-én Párisban halt meg. Temetése a tudományos világ rendkívüli részvéte mellett ment végbe.

Befejezésül még Arago-nak következő szavait akarjuk ide iktatni:

"Gay-Lussac jó családapá, kitűnő polgár, az élet minden viszonya között nemes ember, éles elméjű fizikus s párját ritkító chemikus volt. Franciaországot morális tulajdonságaival s az akadémiát találmányaival tisztelte meg. Nevét mindazokban az országokban, melyekben a tudományokat művelik, csodálattal és legnagyobb tisztelettel fogják említeni. Végre az ünnepezt akadémikus örökké fog élni szívében mindazoknak, kik oly szerencsések valának, hogy barátságát élvezhették. "

## DAVY

### I. Davy ifjúsága. - Chemiai első munkája.

Sir Humphry Davy 1778 decz. 17-én a Cornwallisban fekvő Penzanceben született. Robert nevű atyja, kinek Varfellben kis földbirtoka volt, fametsző mesterséget űzött. Humphry Davy a falu iskolájában nevelkedett; kiváló tehetségei az iskola vezetőjének, dr. Cardew-nek csakhamar föltűntek.

Eleintén szépirodalommal foglalkozott, s maga is több ódát, balladát s egyéb verset írt. A költemények, melyek szintén nagyhírű öcscsének, John Davy-nek birtokában maradtak, igazi költői érzületről tanúskodnak.

Tizenhat éves korában atyját elveszítvén, további nevelésének gondjai öt gyermekkel megáldott anyjára súlyosodtak. A fönmaradt vagyon a gyermekek fölnevelésére aligha lett volna elegendő; anyjának keresetforrások után kellett látnia. Eleintén egy kicsiny fűszeres boltot, később



a Boye regényes vidékét látogató touristák számára fogadót nyitott.

A természeti szépségekkel megáldott Cornwallis az ifjú Davy lelkében csakhamar fölkelte a természet iránti szeretetet, mely idők folytán annyira fokozódott, hogy nem az irodalmi pályára, melyre tehetségei nagy mértékben képesítették volna, hanem a természettudományi pályára lépett.

Pályafutása nagyon szerény körülmények között kezdődött; 1795-ben egy penzance-i orvos és patikárushoz ment inasnak. De ez a szerény iskola elegendő volt arra, hogy megkedveltesse vele ama tudományt, melynek később kiváló művelőjévé vált.

Egy kedvező eset törekvéseinek nagy hasznára volt. Történt, hogy a híres James Watt-nak egyik fia, Gergely, mell-betegsége bajait enyhítendő, orvosi tanácsra Penzance-be jött lakni s Davy anyjának fogadójába szállott. Az ifjú Davy azonnal átlátta, hogy a Watt fiával való ismeretség

neki sok tekintetben hasznára lehetne; de miképen közeledjék egy szegény inas egy híres és vagyonos férfiúnak szintén nagy tekintélyű fiához? Ezt a kérdést Davy úgy oldotta meg, hogy elővette Lavoisier chemiájának angol fordítását s ezt oly buzgalommal olvasta, hogy két nap múlva az egész könyvvel tisztában volt. Miután ez által magát Watt társaságához méltónak ítélte, magát mint leendő chemikust bemutatta s ily módon chemiai diskussziókra alkalmat szerzett.

Lavoisier elmélete akkor még nem örvendett általános elismerésnek. Az ellene s a mellette felhozott érvek az ifjú Davy előtt sok kétséget hagytak fenn, minélfogva az önálló munkálkodás utáni vágya mindinkább fokozódott. A tervezett önálló kísérletek tételére szolgáló eszközök teljesen hiányoztak ugyan, de Davy tudott magán segíteni. Első készülékeit egy házaló barométerkereskedőtől vett üvegcsövekből s ócska pipaszárból állította össze; nagy segítségére volt még egy fecskendező, melyet gazdája egy hajótörést szenvedett francia bárkáról szerzett.

Davy 18 éves volt, midőn némely tengeri növény hólyagocskáiban foglalt gázokat megvizsgálta. Ez volt az első kísérlete, melyből kitűnt, hogy a tengeri növények épen úgy mint a szárazföldiek, a levegő szénsavát elnyelik, s ezután a fény behatása alatt megbontják, a szénét visszatartják s az oxigént kilehelik. Vizsgálatainak eredményeit dr. Beddoes-al közölte, a ki azokat az általa kiadott folyóiratban (Contributions to physical and medical knowledge) közzétette. John Davy bátyjának e munkájáról így nyilatkozott: "E kísérletek egy önálló és vállalkozó szellemnek első termékei: magukon viselik az ifjúságnak és az éles elmének minden vonását, mindkettőnek hibáival és jó tulajdonságaival."

Davy első munkája által Beddoes-al közelebbi viszonyba lépett. E kiváló tudós annak előtte az oxfordi egyetemen a chemia tanára volt s Lavoisier-vel élénk levelezést váltott. Tanszékéről lemondván, Bristolban mint gyakorló orvos működött s ugyanott egy Pneumatical institute című gyógyító-intézetet alapított. Ez intézetben né-

mely betegséget, különösen pedig a tüdősorvadást, különféle gázokkal gyógyította. Davy munkája annyira megtetszett neki, hogy Davies Gilbert nevű barátját - ki később Humphry Davy után a Royal Society elnökévé lett - megbízta, hogy a penzance-i patikárust a Davy-val kötött szerződés felbontására bírja, hogy ezután a tehetséges ifjút saját intézetében alkalmazhassa.

A patikáros, bár Davy legkisebb panaszra sem adott okot, a kérelembe szívesen beléegyezett, sőt örült, hogy a "szegény ördög" -től megszabadulhatott.

II. A nitrogén-monoxidra vonatkozó vizsgálatok.

- Davy a Royal Institution tanárává és a Royal Society tagjává lesz.

DAYY, alig hogy Beddoes intézetébe lépett, egy sajátságos vizsgálattal máris magára vonta a tudományos világ figyelmét.

Prestley 1772-ben először állította elő a nitrogén-monoxidot. Mivel az intézet, melynél Davy működött, a gázokkal való gyógyítást tűzte ki céljául, nem lephet meg bennünket az a körülmény, hogy Davy némi tekintetben hivatásának tartotta, hogy a különféle gázokat önönmagán sorba megpróbálja. Az első próbát a nitrogén-monoxiddal tette; az eredmények oly feltűnőek valának, hogy azokat egy külön munkában való közzétételre méltóknak találta.

E munkában előadta, hogy ama gáz beszívása után először is izmai váltak mozdulatlanokká, azután pedig elájult, de a körülötte történeteket mégis látta és hallotta; lelki szemei előtt sajátságos képeket látott elvonulni, s szellemével a legmagasabb képzeletekig emelkedett. Végre, midőn egyik barátja, komoly baj bekövetkezésétől tartván, a veszélyes italt tőle elvette, csakhamar magához tért s a következő ideális tételt ejtette ki: "A gondolaton kívül semmi sincs; a világ csak a gyönyör és fájdalom képzeletéből áll."

Ez a leírás megtette a maga hatását. Mindenki meg akarta próbálni e titokszerű anyag hatásait; némelyek elandalító deliriumokba estek, mások jókedvükben hangosan kaczagtak; ez oknál fogva némelyek ez anyagot kéjgáznak, mások pedig nevetőlégnak nevezték.

Davy e találmányával egyszerre híressé vált. Bizonyára csak rendkívüli buzgalmának kell tulajdonítanunk, hogy e veszélyes kísérleteket tovább folytatta. A nitrogén, szénsav, szénhidrogén s más gázok hatásait önönmagán lelkiismeretesen kipróbálta. Némelyek abban a véleményben voltak, hogy Davy gyarló egészségét, melynek egész életén át alá volt vetve, egyedül eme túlbuzgalomnak köszönhetette.

Davy, ki pályáján már eddig is gyorsan haladt, kedvező körülmények összeműködésével most egyszerre igen nagy lépést tett előre. Ugyanis Rumford gróf, alig hogy a Royal Institutiont megalapította, szeszélyes természete miatt Garnett doktorral, a chemia tanárával összeveszett,

minélfogva Garnett az állomást elhagyta. Valaki Davy-t úgy emlegette Rumford előtt, mint a legalkalmasabb egyént, ki a Garnett helyét betölthetné, Rumford azt hitte, hogy egy fiatal emberrel, kinek meggyőződése még nem szilárdult meg, könnyebben elbánhat s Davy-t magához hívatta. - A fogadás nem volt valami kedvező; Davy gyermekies arczkifejezése, pórias modora, különösen pedig félénksége Rumford-ra nem tették jó benyomást. Azonban úgy látszik, hogy a tanszéket minden áron be akarta tölteni, mert Davy az állomást mégis megkapta.

A kik Davy-t közelebbről nem ismerték, tanári működésétől nem sokat vártak. Davy egy kicsiny szobában kevés hallgató előtt kezdte meg előadásait. Azonban tanári hírnevét már első előadásával (1801 apr. 25-én) megalapította; élénk modorával s világos fejtegetéseivel hallgatóit teljesen megnyerte; a következő tanórákban a szűk szoba a mindig nagyobb számmal jelentkező hallgatókat már nem volt képes befogadni. Előadásai valóságos lelkesedést idéztek elő.

A 23 éves tanár híre eme sikeres működés által teljesen meg volt alapítva; a legelőkelőbb tudományos körök megnyíltak előtte, s abban a korban, melyben más valaki tudományos pályafutásának kezdetén áll, ő már Angolország legtekinélyesebb tudományos intézetének, a Royal Societynek tagjává választatott.

### III. Davy vizsgálatai az elektromos oszloppal.

A múlt század vége s a jelen század eleje a fizika történetében a legnevezetesebb időszakok egyike. A fény, hő, elektromosság s a chemiai egyesülések tünetényei a kísérlet s a spekuláció terén egyaránt impozáns szellemi mozgalmat idéztek elő. A fényes fölfedezések hosszú sorozata nagyobb önállóságra és fokozott tevékenységre buzdította még azokat is, kik a legnagyobb szívóssággal ragaszkodtak a tradíciókhoz, a forradalom szelleme az emberi tevékenységnek minden ágában útat tört magának.

Az elektromos oszlop feltalálása oly időszakba esett, melyben az elektromosság tünetényei



amúgy is élénken foglalkoztatták a fizikusokat. Miként annak idején a légszivattyú indító okul szolgált, hogy a tünetmények a rendesektől eltérő körülmények között, azaz légüres térben vizsgál-tassanak meg, Úgy most a tünetmények az elektromárammal kombináltattak. A remény, hogy e kombináció az új eredmények egész csoportjára fog vezetni, teljesen alaposnak bizonyult be.

Az első fontos fölfedezés, mely az imént jel-zett irányzatnak szüleménye volt, 1800-ból ered. Ezen év apr. 30-án Sir Anthony Carlisle és az araeométeréről szélesebb körben ismert William Nicholson az elektromos oszlop sarkaihoz erősít-tett drótok végeit vízbe mártották, tehát az ára-mot vízen vezették keresztül. Az eredmény vára-kozásuk körén egészen kívül esett: a legnagyobb meglepetéssel tapasztalták, hogy a drótok végei-nél számtalan buborék emelkedik föl; úgy lát-szott, mintha a víz pezsegne. A fejlődő gázokat megvizsgálván, azt tapasztalták, hogy a pozitív sarkon oxigén, a negatív sarkon pedig hidrogén fejlődik; e mellett az egyik sarkon a víz kissé sa-

vas hatásúvá, a másikon pedig alkáliás hatásúvá vált.

Ugyanebben az évben Ritter Németországban e kísérleteket némi módosítással hajtott végre s ugyanazokat az eredményeket kapta, s ezekből azt a következtetést vonta, hogy az oxigén és hidrogén nem egyebek, mint a víznek vegyületei a különmemű két elektromossággal. E magyarázatnak, mely az elektromosság anyagi hipotézisének folyományául tekintendő, az ezután következő vizsgálatoknál is kijutott a maga szerepe. Az experimentátorok azt tapasztalták, hogy, midőn az áram állati nedves rostokon vezettetik át, a pozitív sarkon sósav válik ki, s ebből némelyek azt következtették, hogy a sósav a hidrogénnek valamely alsóbb rendű oxigén-vegyülete.

E specziális találmányok 1803-ban általánosabb szempont alá kerültek. Ez évben Hisinger és Berzelius kimutatták, hogy az áram vegyületbontó hatása valamennyi összetett testre kiterjed, s

hogy a pozitív sarkon mindig a savak, a negatív sarkon pedig az alkáliák válnak ki.

Davy mindezeket a kísérleteket élénk figyelemmel kísérte és a legnagyobb gonddal ismételte. Ismételve végrehajtott kísérleteiből, melyekhez hatalmas és sokféleképen módosított telepeket használt, kitűnt, hogy a tiszta víz felbontása csak oxigént és hidrogént ad, még pedig abban az arányban, melyben az elemek a vizet alkotják; a netalán kiváló savak és alkáliák pedig csak a víz tisztátalanságának eredményei. Miután Davy számos más testet is felbontott, azt a tételt állította föl, hogy a chemiai rokonság nem egyéb, mint az ellentett elektromosságok erélye. E vizsgálato-  
kat 1807-ben a Phil. Transactions-ben az On some chemical agencies of electricity című értekezésében írta le.

A francia Institut 3000 frank jutalomdíjat tűzött ki annak, ki a galvanizmus terén legtöbb haladást mutat föl. E díjat az imént nevezett értekezés alapján Davy nyerte el.

E szép eredmények csak kezdetei valának ama nagyszámú és kiváló fölfedezéseknek, melyeket Davy az elektromárammal tett.

Lavoisier már 1789-ben kifejezte azt a nézetet, hogy az alkáliás földek, mint például a mész, valószínűleg nem egyebek mint fémoxidok, melyek a közönséges módszerek segítségével nem redukálhatók. A chemikusok e nézetet az úgynevezett fix-alkáliákra (káli és nátron) is kiterjesztették s e nézet erős gyökereket vert, midőn Berthollet az illó alkáli (ammoniak) alkotórészeit meghatározta.

E fontos kérdés eldöntésére Davy vállalkozott. Avval a meggyőződéssel, hogy a módszer, mellyel sikerült a vizet felbontani, tágasabb körű vizsgálatokra is alkalmas, hozzáfogott a munkához. Először a marókálit vízben oldotta föl s az oldatot akarta fölbontani. A kísérlet nem sikerülvén, gyengén megnedvesített kálidarabokat használt. A mint a telepet működésbe hozta, a pozitív sarkon erős pezsgést vett észre, a negatív sarkon

pedig ezüstoffényű, kénesőhöz hasonló apró golyócskák mutatkoztak. Davy a pezsgő légből és a golyócskákban a bomlás termékeit ismerte föl; ami az elsőről illeti, kimutatta, hogy az nem egyéb mint oxigén, tehát már ismeretes test; a másik termék addig ismeretlen új test, a kálium volt. Davy észrevette, hogy a káliumgolyócskák a levegőben csakhamar fehér réteggel húzódnak be; könnyű volt kimutatnia, hogy ez a réteg nem egyéb, mint a káliumnak és a levegő oxigénjének vegyülete, tehát ugyanaz az anyag, melyet az áram azelőtt felbontott, továbbá a vízre vetett golyócskák a híres görög tűz tüntetését idézték elő: a vízben úszva maradtak, hirtelen lángba kaptak és tetemes hőkifejtés mellett vörös lánggal elégték; az égés kis durranással végződött. Most a kálium a víz oxigénjével vegyült, a szabaddá vált hidrogén meggyuladt, a kémiai folyamat eredménye ismét csak kálium volt. Hasonló eredményekre vezetett a nátron felbontása, csak hogy a nátrium a vízben sárga lánggal égett.

Most csak az a kérdés maradt hátra, hogy a kálium s a nátrium a testek mely csoportjába sorozandók. A kísérletek, különösen ez anyagok égés-tüneményei oly meglepők valának, hogy eleintén sokan azt hitték, hogy ez anyagoknak okvetlenül valamely gyulékony elemet, szenet, hidrogént, kell tartalmazniok. Azonban Davy kimutatta, hogy az új testek ismét alkáliákká válnak, ha bármi módon oxigénnel vagy oxigéntartalmú anyagokkal érintkeznek, s hogy e célra nem kell azokat szükségképen vízen elégetni; végre kimutatta, hogy ez anyagok oxigénmentes folyadékban, például kőolajban akármeddig eltarthatók. Nem lehetett többé kétséges, hogy a káli és nátron oxidok, s mivel akkoriban csakis fémoxidokat ismertek, Davy a kalium- és a nátriumot a fémek csoportjába sorozta.

E nevezetes fölfedezést 1807 nov. 12-én és 19-én közölte a Royal Society-vel; e tárgyra vonatkozó értekezése a következő czím alatt jelent meg: On some new phenomena of chemical changes produced by electricity, particularly the

decomposition of the fixed alkalies and the exhibition of the men substances which constitute their bases (Phil. Trans., 1808, XCVIII; innét valamennyi tudományos folyóiratba átvétetett).

Davy fölfedezései által a chemiai vizsgálatoknak egészen új tere nyílt. Az első gondolat az volt, vajjon nem lehetne-e az alkáliás földek oxidjait is szétbontani. E kérdéssel Berzelius tüzetesen foglalkozott, s több sikertelen kísérlet után arra a gondolatra jött, hogy talán czélszerűbb volna a tiszta fémek helyett azok amalgámjait előállítani. Davy a Berzelius utasításai szerint a szétbontandó földeket kissé megnedvesítette és kénesőoxiddal keverte, s e keveréket kénesőcseppekkel hozta érintkezésbe. A földes keveréket az egyik, a kénesőt pedig a másik záródróttal összekötvén, az illető fémek amalgámjait kapta, s desztilláció által a kénesőt elűzván, tiszta fémeket állított elő. A bárium, stroncium, kalcium és magnézium föltalálása volt ez eljárásnak eredménye. Davy megmutatta, hogy e fémek a víznél sűrűbbek, tiszta állapotban ezüstös fényük van s

az oxigénnel oly mohón egyesülnek, hogy magas mérsékleteknél még az üveg oxigénjét is magukhoz ragadják.

Davy ennyi külső sikerrel teljesen meg lehetett volna elégedve, azonban fürkésző elméje az áram hatásait mint ilyeneket is közelebbi vizsgálat alá vetette.

Mivel mindegyik szétbontásnál a negatív sarkon hidrogén, fém vagy alkáliák, a pozitív sarkon pedig oxigén vagy savak váltak ki, meg akarta tudni, vajjon az illető kiválások csak a sarkokon vagy pedig a szétbontandó test egész tömegében történnek-e? Az utóbbi esetben az egyik alkotórésznek a pozitív, a másiknak pedig a negatív sarkhoz kellene vándorolnia.

A kérdés eldöntésére egy edényt kénsavas nátrium oldatával, egy második edényt ibolyalével festett vízzel, s egy harmadikat tiszta vízzel töltött meg. A festett vizet tartalmazó edényt középsőnek téve, mind a hármat nedves aszbeszttel egymással vezető összeköttetésbe hozta, s rajtuk



erős áramot vezetett át. Ekkor az első edényben alkáli, a harmadikban pedig sav vált ki a nélkül, hogy a festett víznek színe megváltozott volna, tehát a középső edényen sav át nem mehetett.

Az áramnak e sajátságos hatása összhangban van a vízfelbontásnak Grotthus által 1803-ban felállított hipotézisével, mely szerint az áram megindulásának pillanatában a vízmolekulák oxigénes oldalaikkal a pozitív, hidrogénes oldalaikkal pedig a negatív sark felé fordulnak; midőn pedig az áram már kering, a pozitív sark mellett levő vízmolekulának oxigénatómja kiválik, hidrogénatómja pedig a szomszédos vízmolekula oxigénatómjával egyesül; az utóbbi molekulának hidrogénatómja ismét a szomszédos molekula oxigénjével egyesül és így tovább, míg végre az utolsó vízmolekulának hidrogénatómja a negatív sarkon kiválik s ezután az egész folyamat újra kezdődik s addig tart míg az áram kering.

Miután Davy fölfedezései a chemiát rendkívüli mértékben gazdagították s további vizsgálatokra

majdnem kiapadhatatlannak látszó forrást nyitottak, szívesen elnézzük, hogy Davy, fölfedezései messzeható következményeinek öntudatában, alaptalan konjekturákra vetődött, midőn a vulkános tüneteményeket, a földrengéseket, a hullóköveket, a földkéreg képződését s hasonló kozmikus tüneteményeket az elektromos elemzésnél kapott fémek szerepének tulajdonította. Utolsó művében (Consolation in travel) e merész hipotézist maga is visszavonta.

IV. Az ammoniak-amalgám. - A chlór. - A gyémánt elégetése. - Biztosító lámpa.

Az elektromos elemzés módszere Davy kezei között a fölfedezések valóságos kincses bányája volt. A különböző fémek előállítását egy másik nevezetes találmány követte.

Davy a kénesőt koncentrált ammoniakoldattal érintkezésbe hozván, rajta az áramot keresztül vezette. Ekkor azt vette észre, hogy a kéneső az ammoniakot elnyeli, s mindamellett hogy az elnyelt gáz súlya a kéneső súlyának csak mintegy

1/230 részét tette, a kéneső tömörségének 3/4 részét elveszítette. Davy e kísérletből következtette, hogy az ammoniak a fémekkel az oxidokhoz hasonló vegyületeket alkothat.

A fémek előállítása az alkáliákból s a földek-ből erélyesen biztatta a chemikusokat, hogy az addig összetetteknek tartott testek elemeit vagy legalább is egyszerű vegyületeit kutassák. A savak gyökeinek kiválasztása eme vizsgálatok kiváló csoportja volt. Gay-Lussac és Thénard személyes tekintetekből ama nézetet fejezték ki, hogy az oxidált sósavat (chlórt) egyszerű testnek is lehetne tekinteni. Davy-t az ilyes tekintetek nem korlátozták; 1808-ban kimutatta, hogy a kálium, ha sósavval érintkezik, hidrogén-fejlődés kíséretében a kalium-chloriddal teljesen meg-egyező anyaggá változik. Mivel pedig az oxidált sósav a kálival egyesülve ugyanazt a vegyületet alkotja, a nélkül, hogy hidrogén, oxigén vagy más anyag kiválnék, Davy 1810-ben ama határozott meggyőződésre jutott, hogy az annyira komplikáltnak képzelt oxidált sósav egyszerű

anyag, mely hidrogénnel egyesülve, a sósavat alkotja. Ez anyagnak, sárga színe miatt, chlorine nevet adott, mely név később a rövidebb chlór-ral cseréltetett föl.

Lavoisier savnemző elmélete meg volt döntve, s ez által sok tünemény, melynek magyarázata rendkívüli nehézségekbe ütközött, teljesen érthetővé vált; nem lehetett többé kételkedni, hogy az égéshez, azaz a hő- és fénytünemények által kísért chemiai folyamokhoz nem kell szükségképen oxigén, s hogy savak (hidrosavak) és sók (haloid-sók) is képződhetnek oxigén nélkül. Azonban e világos és döntő tények daczára Lavoisier elméletének még mindig voltak hívei: újabb bizonyítéka annak, hogy a tekintélyekhez való ragaszkodást a tudományok rohamos haladása sem képes megingatni. Gay-Lussac-nak a jódra vonatkozó vizsgálatai nagyban előmozdították ugyan Davy nézeteinek elterjedését, de a régi elmélet mégis mintegy tíz évig tartotta magát.

A gyémántot Averani és Targioni égették el először (1694 és 1695-ben). E nevezetes kísérlet, melyet I. Ferencz császár 1751-ben kisebb gyémántdarabok összeforrasztása céljából ismételtetett, a chemikusok figyelmét a Newton állítólagos sejtelmei daczára sem vonta magára. Tudományos szempontból csak 1766-ban ismételte Darcet e kísérletet s azt találta, hogy a gyémánt, porcellán-égető kemenczében (sőt téglékben is) izzítva, elillan, de midőn a kísérletet a párisi akadémia megbízásából újra végrehajtotta, azt tapasztalta, hogy a gyémánt, ha zárt edényben izzítatik, változatlan marad. Macquer vette észre először (1771), hogy a gyémántot elillanásakor láng veszi körül s később Lavoisier és Cadet-vel együttesen kimutatta, hogy a gyémánt valóban elégethető anyag. Lavoisier 1773-ban több jeles chemikussal egyesülve, a gyémántot kénesővel elzárt üvegharangban gyújtó üveg segítségével égette el s azt tapasztalta, hogy az égésnél szén-sav fejlődik.

A gyémántot ezentúl a szénnel azonos anyagnak tartották, különösen amióta Smithson Tennant bebizonyította (1796); hogy egyenlő súlyú szénből és gyémántból ugyanannyi szénsav keletkezik. Az e tárgyra vonatkozó utolsó kísérletet Davy hajtotta végre Flórenczben; ugyanazt a gyújtó üveget használta, a melylyel a kísérletek 1694-ben hajtattak végre. Davy pontosan kimutatta, hogy egyenlő mennyiségű gyémánt, szén és grafit eléégésénél ugyanannyi szénsav keletkezik, s hogy a gyémántból keletkező szénsav egészen tiszta és vízmentes, tehát a gyémánt nem tartalmaz hidrogént, mint ezt némelyek hitték.

Davy chemiai egyéb vizsgálatai, melyeket tüzetesen ismertetni czélunk nem lehet, rendkívül számosak. A foszfor-, kén-, fluór- és jód-vegyületekre, valamint a lángra, tehát a közvetetlen égésre vonatkozó vizsgálatait mellőzve, csak még biztosító lámpájáról akarunk szólni.

Régóta ismert dolog volt, hogy az aknák néha bizonyos gázokkal telnek meg, mely gázok láng-

gal érintkezve, ép oly hevesen elrobbannak, mint a hidrogénnek és a levegőnek keveréke. A fellingtoni kőszénbányákban 1812-ben borzasztó robbanás történt, melynek száznál több munkás esett áldozatul s a mely mindenkit elriasztott a bányászatnak amúgy is terhes mesterségétől. Ez esemény után a bányatulajdonosok külön bizottságot alakítottak, melynek feladata volt, hogy hasonló szerencsétlenségek elhárítására óvószerekről gondoskodjék.

E bizottság Davy tudományától várt segílyt. A feladat megfejthetetlennek látszott: mindamellett hogy e veszélyes gázok a világosságot árasztó lánggal érintkeznek, az explóziót meg kell akadályozni! Azonban Davy a biztos siker reményével fogott a nehéz munkához. Először is tüzetesen megvizsgálta a robbanó gázokat; meghatározta, hogy mily arányban kell a levegővel keveredniök, hogy robbanás létrejőjjön. Ezután megvizsgálta, hogy mi módon lehet a lángok tovaterjedését megakadályozni s azt találta, hogy a lángok fémdrótokból készült sűrű szöveteken nem

csapnak át, mivel e szövetek jó hővezetők lévén, a másik oldalukon levő gáz meggyújtására megkívántató hőt elvezetik. Ez utóbbi találmánynyal a feladat meg volt fejtve: Davy a bányamécset drótszövettel övezte körül. A láng fölé egy platínadrót-spirálist függesztett, hogy abban az esetben, ha a lámpába behatoló gázok a lángot hirtelen kioltanák, a spirális továbbbizzása által árasztson annyi világosságot, melynél a bányászok elmenekülhessenek. Ez a lámpa feltalálása óta (1815) ezer meg ezer munkásnak életét mentette meg.

E fényes siker után Davy tekintélye oly magas fokra hágott, hogy nem is hitték, hogy valamely feladat ő előtt megfejthetetlen volna; "nála úgy rendelték meg a találmányokat, mint másoknál valamely szerszámot."

V. Az elektromos oszlop elmélete. - Az elektromos fény. - Hőtani vizsgálatok.

Az elektromos oszlop Davy kezei között nem csak bizonyos kísérletek tételére szolgáló pusztá



eszköz volt, hanem mint fizikai készülék is már tudományos pályája elején alapos vizsgálatoknak tárgyává lett.

Az érintkezés-elméletnek hívei, hogy a különböző fémek érintkezésénél föllépő elektromosságnak különböző mennyiségeit érthetővé tegyék, azt a tételt állították föl, hogy az elektromosság mennyisége az érintkező fémek vezetőképességének különbségével arányos. Davy ezt a tételt az egész érintkezés-elmélettel együtt elvetette s a chemiait fogadta el. E tárgyra vonatkozó vizsgálataihoz külön telepet állított össze; ismételve végrehajtott kísérleteiből azt következtette, hogy az áram létrehozására két különböző fémnek érintkezése nem okvetetlenül szükséges s hogy egy fémmel is lehet áramot előállítani, ha e fém egyik fölülete oly folyadékkal érintkezik, mely a fémet oxidálja, másik fölülete pedig egy másik folyadékkal érintkezik, mely a fémet nem oxidálja. Davy ezek után az érintkezési elméletet tarthatatlannak képzelte. Hogy mit kell tartanunk az érintkezési és a chemiai elmélet fölött keletke-

zett vitákról, melyek mindamellett hogy kiváló fizikusok vettek bennük részt, eléggé meddőek valának, azt már Volta biografiájában terjesztetjük elő.

Nicholson vette észre először, hogy valahányszor egy erős telepnek záródrótja megszakíttatik, a megszakítás helyén mindannyiszor élénk szikra ugrik át. Ez a tünet, melynek helyes magyarázata csak később találtatott meg, fölkelte Davy figyelmét. Kísérleteiből kiderült, hogy bármily erős légyen is a telep s bármennyire közelíttesse nek is a záródrót végei egymáshoz, szikra még sem ugrik át; ha azonban az áram úgy szakíttatik meg, hogy a drót végei a megszakítás után egymáshoz igen közel maradnak, akkor nemcsak hogy egy szikra jó létre, hanem az elektromosság a megszakítás helyén át mint fényív folytonosan áramlik. E közben azt a tapasztalatot tette, hogy a fényív annál élénkebb s annál hosszabbra nyújtható, mennél könnyebben égnek el a fémek, melyekből a záródrót készítve volt. Ez a tapasztalat arra a gondolatra vezette őt, hogy czélszerű volna

a fémeket szénnel helyettesíteni. Két, 3 cm hosszú és 4 mm átmérőjű szénpálczát egy 2000 elemből álló telep sarkaival drótokkal összekötött, s miután a pálczák csúcsait érintette, azokat lassan széthúzta. Most a fényív még akkor is megmaradt, mikor a széncsúcsok egymástól már 10 centiméternyire állottak el. Légritkított térben a kísérlet még jobban sikerült, 6 mm nyomásnál egy 18 cm hosszú bíborvörös lángot állított elő. Az így előállított fényívek intenzitása minden addig ismert fényforrásét fölülmúlta.

Látjuk tehát, hogy az elektromos fény, mely messzire ható gyakorlati fontosságot a legújabb kor találmányai által nyert, a Davy találmánya, még pedig a szó szoros értelmében a legfényesebb találmánya. A vakító fényű lámpákat, melyek napjainkban a világító tornyokat, gyárakat, nyilvános helyeket stb. fényükkel elárasztják, a történelmi jog alapján épen úgy nevezhetnők Davy-lámpáknak, mint ama szerényebb fényű mécseket, melyek a bányamunkás élete fölött öröködnék.

Davy, ki minden munkájára az előretörekvésnek bélyegét sütötte, nem mulaszthatta el, hogy a hőelmélet vitás kérdéseinek tisztázásában közvetlen részt ne vegyen.

Davy két téglalakú jégdarabot, melyek a fagyópontnál valamivel hidegebbek valának, vasrudakhoz erősített s e rudakat alkalmas gépezettel összekapcsolván, a jégdarabokat egymáshoz erősen dörzsölte. A kísérlet eredménye az volt, hogy a jég egészen elolvadt s a keletkező víz mérséklete egypár fokkal a fagyópont fölött állott.

Második kísérleténél a légszivattyú harangja alatt megindítható óraművet használt. Az óramű külső kereke egy vékony fémlaphoz dörzsölődött: a fémlap megmelegedett. Hogy bebizonyítsa, hogy a fémlap ezt a melegséget nem a környezettől vette, a készüléket egy zérus fokú jéglapra állította, melynek felső felületébe vésett csatornájába kevés vizet öntött s az óraművet a jéglappal együtt a légszivattyú harangja alá tette.

Miután a harangból a levegőt teljesen eltávolította, az óraművet megindította s azt tapasztalta, hogy a fémlap most is megmelegedett, a nélkül, hogy a jéglapra öntött víz megfagyott volna, holott ha a gépezet a jégtől meleget vont volna el, a víznek meg kellett volna fagynia, mert a kísérlet ilyenén berendezése mellett a gépezet csakis a jégtől vehette volna meleget.

Mit akart Davy e kísérletekkel elérni?

Rumford vizsgálataiból kiderült, hogy a mechanikai munka a hőnek majdnem kiapadhatatlan forrása, ha tehát a hő anyag volna, anyagot a semmiből lehetne teremteni, mivel a munka anyaggá nem változhatik. Azonban az anyagi hipotézis híveinek ez nem volt elég. Azt állították, hogy a súrlódásnál a testek oly fizikai átalakuláson mennek át, melynél fogva a bennük foglalt hő változatlan tömegüket magasabb hőfokra hevíti. E nézetet félig-meddig már Rumford is megczáfolta, azonban teljes megdöntése Davy-nak volt föntartva.

Davy első kísérletéhez semmi kétség sem férhetett. A jég fajheve csak félakkora mint a vízé: ha tehát a kaloristák nézete alapos lett volna, a súrlódásnál nemcsak hogy nem lett volna szabad víznek keletkezni, hanem a jégnek még alacsonyabb mérsékletre kellett volna lehűlnie.

Davy első kísérletének eredménye oly döntő volt, hogy makacsság nélkül már senkisé is állíthatta a fajhőnek csökkenését. Azonban az anyagi hipotézis hívei még mindig nem adták föl ügyöket s így okoskodtak: ha a testek fajheve nem csökken is, egyáltalában nincs kizárva az az eset, hogy a testek a környezettől hőt föl ne vegyenek, vagy ha a környezet még oly hideg volna is, a fejlődő hő forrása a levegővel való érintkezés, tehát az oxidáció. Ez utóbbi két ellenvetés megdöntése volt a második kísérlet célja. E kísérletnél a súrlódó testek oxigénnel nem érintkezhetek, de a környezettől sem vehettek föl hőt, mert ekkor a jéglapra öntött víznek meg kellett volna fagynia.

Davy kísérletei - a mennyiben a vita kísérleti-  
leg egyáltalában eldönthető volt - az anyagi hi-  
pothézist teljesen megdöntötték. Hogy e hipothé-  
zis némely híve a régi nézetekhez még ezután is  
szilárdan ragaszkodott, ez az események további  
folyására befolyással már nem lehetett. Jóval  
fontosabb kérdés az, hogy a megdöntött elmélet  
romjain miféle új elmélet keletkezett, s hogy az  
új elmélet miképen állotta meg helyét a tapasza-  
lással szemben.

Davy-nek, döntő kísérletei után, szükségképen  
a dolog elméleti oldalát kellett fejtegetnie. Ide  
vonatkozó kijelentései, melyekből Tyndall hőtani  
művében terjedelmes helyeket közöl, tulajdonké-  
pen semmi újat sem mondanak. A hőmozgást il-  
letőleg a Rumford álláspontján marad, mely ál-  
láspontban a még régibb mozgás-hipothézisekkel  
szemben csak annyiban van új fordulat, hogy az  
egy ellentétes hipothézis leküzdésére használtatik  
föl; a mi pedig a hőmozgásnak mechanikai álta-  
lánosabb jellemzését illeti, e tekintetben ismét  
Lavoisier álláspontján marad, illetve a Lavoisier-

féle felfogást, mely minden ingadozása daczára nagyjában az anyagi hipothézisre támaszkodik, a mozgás-elmélethez közelíti. S mindamellett hogy Davy már egy határozott irány felé tartott, a hő hipothézises hatásformáiban épen úgy ingadozott mint Lavoisier. Elméletének szilárd magva abban a felfogásban rejlik, hogy a hőnek mint mechanikai hatónak mechanikai hatásaival szoros összefüggése van. Hogy a hő a molekulás vonzások ellenére a testek részecskéit távolítani törekszik s ennél fogva a hő mintegy mechanikai föltétele a halmazállapotnak, ez volt a leghelyesebb következtetés, melyet a hőnek mechanikai okokra visszavezető felfogásából vonhatott. Hogy aztán a szétválasztó törekvés "mozgás vagy rezgés" vagy pedig "taszító erő", ez már oly hipothézis, melynek a hő hatásformáihoz szükségképen köze nincs.

Mindezekből kitűnik, hogy az anyagi hipothézis helyére Davy sem tudott szilárd alapelveken nyugvó hőelméletet állítani, sőt a jelenlegi mechanikai hőelmélet közvetetlen előkészítésé-



hez sem járult, mert ez az elmélet nem a hőmozgás hipotéziséből vagy általában hipotézises elemekből, hanem a Lavoisier-féle égési elmélet fonalán keletkezett.

VI. Davy hivatalai és kitüntetései. - Chemiai művei. - Utazásai. - Jelleme; halála.

Davy alig volt 23 éves, midőn tanári működését egy előkelő tudományos intézetnél megkezdé. Rövid idő alatt elért fényes eredményei megnyitották előtte a Royal Society ajtait: s már 1806-ban átvette e híres társaság titkári ügyeinek vezetését, 1820-ban pedig, Bancks halála után, az elnöki tisztségre választatott.

Hogy a külföld mily elismeréssel viseltetett Davy érdemei iránt, erről hangosan tanúskodik az a tény, hogy a francia Institut a galvanizmus fejlesztésére kitűzött díjat 1807-ben, tehát oly időben, midőn az angol-francia háború a leghevesebben folyt, neki ítélte. Tíz év múlva ugyanez az intézet őt külső tagjává választotta. Davy kitüntetései ép oly arányban növekedtek mint tudo-

mányos érdemei. A siker, mely minden munkáját koszorúzta, személyes értékének öntudatát mindinkább érlelte, s nem is titkolta, hogy személyes tekintély és címek után vágyódik. Először lovaggá, 1812-ben pedig baronetté neveztetett ki.

Davy a chemiát nemcsak a Royal Institution-ban, hanem annak alkalmazásait a földművelési intézetben (Board of agriculture) is tanította. Mezőgazdaságtani chemiája, az Elements of agricultural chemistry in a course of lectures for the Board of Agriculture 1813-ban jelent meg Londonban. Ez a mű az addig megjelent e nembeli művek között első helyen állott s értékét még a későbbi időkben is sokáig föntartotta. Davy a mezőgazdaságtani chemiával már kora ifjúsága óta foglalkozott; első vizsgálata is a növények életműködésére vonatkozott. 1799 óta kimutatta, hogy a gabonaneműek, a sásfélék és a füvek epidermisében és rostjaiban kovasav van s egyszersmind kimutatta ez anyagnak szerepét; 1802-ben pedig kimutatta, hogy a trágyának leginkább termékenyítő alkotórészei egyszersmind a legillób-

bak, s módját találta, hogy miként lehet ez alkotórészeket megkötni. Általános chemiai műve Elements of chemical Philosophy, Lond. 1812. czím alatt jelent meg.

Davy 1812-ben tanári állomásáról lemondott. Ez évben nőül vette Apreece gazdag özvegyét s ez idő óta a kontinensen gyakori utazásokat tett. 1813-ban Napoleon császárnak kivételes engedélye alapján utazott Franciaországban keresztül 1818-ban az uralkodó herczeg (a későbbi IV. György) megbízásából Nápolyba utazott. A herczeg a Herkulanumban talált kéziratok iránt különösen érdeklődött, s azok kigöngyölítését Davy tudományától várta; azonban a kigöngyölítés a tekercsek megkeményedése miatt nem sikerült. Utazása még sem maradt tudományos eredmény híján: a régi falfestmények néhány lekapart darabját elemezvén, kimutatta, hogy az ókori festők majdnem ugyanannyiféle festéket használtak mint a jelenkoriak, s hogy e festékek is az ásványországból vétettek s kifogástalan módszerek szerint készítették. A Vezuv közelsége alkalmat

adott neki, hogy a vulkáni tüneteményeket megfigyelje s ezekről, valamint a földgömb kezdeti állapotáról új nézeteket állítson föl.

Davy egyéniségében sok oly vonást találunk, melyekkel a közfelfogás honfitársait - persze sokszor a kellő motívumok nélkül - fölruházza. A laboratoriumon kívüli foglalkozások között, különösen élete vége felé, legkedvesebb volt előtte a horog-halászat és vadászat. Midőn halászni ment, tetőtől-talpig zöld ruhába öltözött, hogy a mint ő maga egészen komolyan mondá, a parti növények között a halak előtt kevésbbé föltűnővé válják. Ellenben midőn vadászni ment, tetőtől-talpig vörösbe öltözött. A horog-halászatról külön munkát is írt eme cím alatt: *Salmonia or days of fly-fishing, in a series of conversations*, London, 1823.

Már mondtuk, hogy Davy gyermekkorában különös szeretettel foglalkozott a költészettel. Költői hangulatát mindvégig megtartotta. E jellemvonása élénken nyilatkozik utolsó műveiben,

melyekben a természet szépségeit írja le, vagy pedig metafizikai spekulációkba mélyed. Sőt midőn szelleme alkotó-erejének teljes birtokában volt, még ekkor is kirítt a chemikusból a poéta; iratai némelykor a tárgyalt tudományos kérdésekkel össze nem hangzó virágos stílusban vannak tartva; ugyanez áll előadásairól is; egyik hallgatója csak azért járt el azokra, hogy metafora-gyűjteményét gazdagítsa. Ezek után azt lehetnők, hogy a poézissel benső összefüggésben lenni látszó szépművészetek iránt is különös hajlama volt: azonban a zene, a műfestés és szobrászat remekei reá semmi hatással sem voltak; a muzeumokat meglátogatta ugyan, de csak azért, hogy elmondhassa, hogy ott volt.

Davy egészsége már kevéssel 1818 után hanyatlani kezdett. Olaszországot még két ízben látogatta meg s Flórenczben és Rómában hosszabb ideig tartózkodott, remélve, hogy állapota jobbra fog fordúlni; azonban a várt javulás nem következett be. Szellemi tevékenysége, persze most már egészen más irányzatban, testi szenvedései

daczára élénk maradt. Utolsó művében, mely *Consolations in Travels or the last days of a philosopher* London, 1830. cím alatt csak halála után jelent meg, s a melyet biográfusai egy elaludni készülő fáklya utolsó lobbanásának és a haldokló Plato művének neveztek, már a tudomány általános kérdéseivel, az emberi nem haldásával, a csillagok rendeltetésével s hasonló dolgokkal foglalkozik.

Davy 1829-ben vissza akart térni hazájába, azonban alig hogy Genfbe érkezett, rövid szenvedés után máj. 29-én neje és John öccse karjai között, 51 éves korában, elhunyt.

Sírját, mely a genfi temetőben a M. A. Pictet-é mellett van, egyszerű kő jelzi, Spero fölirattal. Ez volt a haldoklónak utolsó szava. Davy neje, férje emlékét megörökítendő, a genfi akadémián alapítványt tett, a melynek kamatai minden 10 év után a legjelesebb chemiai vizsgálatok jutalmazására fordítandók. Davy-nek John nevű öccse az angol hadseregben orvos s 1814 óta a Royal

Society tagja volt s szintén kémiai vizsgálatokkal foglalkozott. John a bátyja értekezéseit (számra nézve mintegy ötvenet) és nagyobb műveit összegyűjtötte és kiadta: *The collected Works of Sir Humphry Davy*, London 1839-41, 10 kötet.

## WOLLASTON

William Hyde Wollaston 1776 aug. 16-án East-Derehamban (Norfolkshire) született. Atyja, Francis Wollaston, először east-derehami, azután chislehursti, végre pedig londoni lelkész, a Royal Society tagja s a tudományokban, különösen pedig az asztronómiában jártas férfiú volt. Asztronómiai művei közül némelyek nagy hírre vergődtek.

Francis Wollaston, ki 1815-ben 84 éves korában halt meg, tizenhét gyermekkel volt megáldva; ezek között a mi Wollaston-unk a második volt. Legidősebb fia, Francis John Hyde, ki szintén lelkész és a Royal Society tagja volt, meteorológiai észleletei által tűnt ki.

Látjuk, hogy Wollaston már gyermekkorában tudományos körbe jutott. Első tanulmányait a cambridge-i Cajus College-n végezte; ezután az orvosi pályára készült. Az orvosi diplomát 1793-ban nyerte el.



Wollaston mint gyakorló orvos először Bury St. Edmondban működött; később Londonba ment, de az orvosi praxissal már 1800-ban félbenhagyott, hogy ezentúl mint magánzó kizárólag a tudományoknak éljen. Ez elhatározásának okát némelyek annak tulajdonítják, hogy orvosi működése szerényebb körben mozogván, ambíciójának nem felelt meg, s midőn a londoni Szt. György-kórház főorvosi állomására pályázott, mellőztetett s helyette egyik vetélytársa, Pember-ton neveztetett ki, a mi annyira bántotta, hogy az orvosi pályáról véglegesen lelépett. Bármi lett legyen is a lemondás oka, az a tudományra nézve mindenesetre haszon volt, mert ez időtől fogva hajtotta végre nagyszámú kísérleteit, melyek a fizikát és chemiát nagyon értékes eredményekkel valának gazdagítandók. A pályaváltoztatás Wollaston-ra nézve még tetemes anyagi haszonnal is járt, mivel találmányai gazdag jövedelméből nemcsak hogy kényelmesen megélhetett, hanem még tetemes vagyont is szerezhett, mi által is-

mét képes volt nagykiterjedésű vizsgálatainak költségeit fedezni.

Wollaston tudományos műveit az eredmények szigorú szabatossága jellemzi. Az eredmények gyakorlatias értékesítésére kiváló gondot fordított, de nem gondolt azok rendszeresítésével vagy elméleti fejtegetésével. Kortársai gyakran panaszkodtak, hogy találmányait elrejtí vagy hozzá nem férhetőkké teszi, de e panaszok inkább Wollaston tartózkodó modora miatt keletkezhettek, mert vizsgálatainak eredményeit rendszerint nyilvánosságra hozta; magában a Phil. Transactions-ben 38 értekezést tett közzé s egyetlen egy találmányáról sem lehetne elmondani, hogy az utókorra nézve elveszett volna. Azon leszünk, hogy e találmányok legnevezetesebbjeit a következőkben megismertessük.

A platina-kovácsolás Wollaston gyakorlati találmányai között a legfontosabb. Az a szívósság, melylyel a platina minden alakításnak ellenállott, e fontos anyag használatát majdnem lehetetlenné

tette. Wollaston eljárása abban állott, hogy az izzó fémet izzó ezüstlemezhez forrasztotta s ezután a tömegnek a kívánt alakot adta s végre az ezüstöt salétromsavval eltávolította. Emez eljárás szerint hajszálnyi vékonyságú platinadrótokat készíthetett. Mivel e találmány igen sokat jövedelmezett, nem csoda, hogy akadtak olyanok, kik Wollaston eljárását egészen vagy részben a magukénak vallották. Thomas Cock nevű fémgyáros azt állította, hogy Wollaston az eljárás elvét tőle tudta meg. Wollaston elég szerény volt, hogy megengedje, hogy az eljárás elvét talán mások is fölismerték, de egyszersmind utalt arra a körülményre - melynek az ilyen esetekben döntő fontossága van - hogy ő volt az első, ki az eszmét megvalósította. A platina-kovácsolásnak eredménye, hogy csak a legfontosabbat említsük, az volt, hogy ez anyagból nagy üstöket lehetett készíteni, a melyekben a kénsav koncentráltatott. Ily nagy üstöket Sandmann chemiai gyárában használtak először.

Wollaston vizsgálta meg először a platinának a többi fémhez való rokonságát, minek kapcsolatában két új fémot, a palládiumot és rhodiumot, fedezte föl. Különben e fémeket vele majdnem egyidejűleg (1804 vagy 1805-ben) Tennant is fölismerte. Wollaston 1809-ben kimutatta, hogy a tantárium, a melyet új fémnek tartottak, azonos a Hatchett által nem rég feltalált kolumbiummal. A chemiában még kiváló érdemeket szerzett a határozott súlyviszonyok és a többszörös arányok elméletének fejlesztése által.

Wollaston a fény visszaverődésének egyszerű törvényére egy szögmérő műszert (goniométer) alapított. E műszer segítségével a testek síma lapjainak hajlás-szögei ép oly egyszerűen mint a milyen pontosan meghatározhatók, minélfogva e műszer a krisztallografia fejlődésére a leghathatósabb befolyással volt. Különben megjegyzendő, hogy Wollaston e műszerrel csak a Lambert eszméjét valósítja meg.

A fény teljes visszaverődésének szintén egyszerű elve alapján Wollaston a róla elnevezett világos kamarát (camera lucida) szerkeszté. E rendkívül egyszerű eszköz segítségével a tárgyakat a kevésbé gyakorolt rajzoló is a legnagyobb szabotossággal lerajzolhatja; ugyancsak evvel a készülékkel a mikroskópban látott képeket papírra vethetjük.

Wollaston a fény teljes visszaverődését még egy másik szempontból is értékesítette. A teljes visszaverődés egy és ugyanazon anyagra nézve állandó beesés-szög, az úgynevezett határszög alatt következik be, s e szög és az illető anyag törés-mutatója között igen egyszerű összefüggés van. Ez összefüggés alapján Wollaston meghatározta a különböző anyagok törés-mutatóját. A fénysugarakat egy derékszögű és egyenszárú prizma egyik befogós lapjára vettette; a megtört sugarak az átfogós lapon teljes visszaverődést szenvedtek s a másik befogós lapon át újra megtörttek. E berendezésnél csak a prizmára eső su-

garak beesés-szögét kell megmérni, és e szögből a törés-mutató számítás útján meghatározható.

E módszer termékenysége azonnal szembe tűnik, ha meggondoljuk, hogy a határszög megváltozik, ha a prizma átfogós lapja nem levegővel, hanem a prizmánál kisebb, de a levegőnél nagyobb törékenységű más anyaggal érintkezik. Ha tehát a prizma törés-mutatója már meg van határozva, akkor a jelzett eljárás segítségével más anyagok törés-mutatója is meghatározható. S valóban, Wollaston ugyanavval a prizmával számos anyag törés-mutatóját határozta meg. Sőt azt tapasztalta, hogy a határszög akkor is megváltozik, ha a prizma átfogós lapja átlátszatlan anyagokkal érintkezik, a mi módot nyújtott arra, hogy az átlátszatlan anyagok törés-mutatóját is meghatározza. Ez paradoxnak látszik ugyan, de éppen a határszög megváltozása jogosít föl bennünket arra, hogy az átlátszatlan anyagoknak is tulajdonítsunk bizonyos törést, annyival is inkább, mivel elegendő vékonyságú lemezek alakjában az átlátszatlan testek is átlátszóak.

Wollaston a kettős törésnek a fizikusok által rég elhanyagolt tünetényeit is tanulmányozta s a teljes visszaverődésen alapuló módszerével a Huyghens-féle alaptörvényeket kísérletileg bebizonyította s vizsgálatai közben a mészpátban látható szingyűrűket találta föl.

Egy másik nevezetes tünetény is Wollaston szemei előtt tárult föl először. A nap színeképét vizsgálgatván, észrevette, hogy az nem folytonos, hanem néhány sötét csíkkal át van hasgatva (Phil. Trans. 1802). Azonban e tüneténynek, valamint a mészpát gyűrűinek pontosabb megfigyelése másoknak volt fentartva.

Wollaston jégtartó (kryofor) nevű készülékével megmutatta, hogy a párolgáshoz megkívántató hő elvonása által a vizet meg lehet fagyasztani a nélkül hogy közvetetlenül hűtenők.

Wollaston észrevette, hogy a Volta oszlopa úgy eredeti alakjában mint edényes elemekből összeállított telep alakjában az áram keringése ellen nagy ellenállást fejt ki. E bajt elhárítandó, az

egyes elemekhez sík czinklapokat vett, s ezeket kétszer akkora rézlapokkal oly formán vette körül, hogy a rézlapokat a közepükön visszahajtotta, tehát a czinklap két párhuzamos rézlap között függött. Ez az átalakítás számos módosításra adott alkalmat, mi által e nevezetes készülék mindinkább hatásossá vált. Wollaston is elvetette az érintkezéselméletet, sőt még a dörzsölésbeli elektromosságot is tisztán chemiai hatásoknak tulajdonította.

Wollaston kiváló gondot fordítván a pontos meghatározásokra, a chemiai elemzés módszereit is tökéletesbítette. A fizikát eleintén csak mint experimentátor művelte s mint ilyen a fizikai vizsgálatokban ép oly finom érzéket tanusított mint a chemiaiakban. Optikai vizsgálataira később tett matematikai tanulmányai képesítették. Azonban az egyes kísérleti tények elméleti összefűzésében mindig nagyon óvatos volt s az általános következtetéseket, a mennyire csak lehetett, kerülte. A tudomány fejlesztése érdekében igen sokat tett ugyan, de arra a tudományos ma-



gaslatra, melyen nagyhírű kortársai állottak, nem bírt fölemelkedni. A mi azonban tudományos működésének anyagi sikerét illeti, e tekintetben kortársait jóval túlhaladta. A platina-kovácsolásból évenként 30,000 font sterling jövedelme volt.

Idejével nagyon gazdálkodott s minden pillanatot felhasznált, hogy a kísérleti módszereket tökéletesbítse. Szelleme még halálos ágyán is, a legnagyobb szenvedések közepette tevékeny volt: akkor diktálta le az addig ki nem adott találmányainak egy részét. Említettük már, hogy Wollaston találmányait nem titkolta; azonban annál nagyobb féltékenységgel őrizte kísérleti módszereit és laboratóriumát. Ez utóbbi házának legfélreesőbb részében volt elhelyezve s abba senkit sem eresztett be. Történt egyszer, hogy egyik látogatója a laboratórium őrizetével megbízott szolga távollétében e tudományos szent helybe tévedett. A mint Wollaston őt megpillantotta először hallgatott, azután pedig egész komolyan ezt a kérdést intézte hozzá: "Látja-e ön azt az üstöt?"

- "Igen," felelé a látogató. - "Akkor üdvözlje alázatosan, mert legyen meggyőződve, hogy most először és utoljára látta."

Bármennyire féltette is tudományát és laboratóriumát, más tekintetben annál bőkezűbb volt. Munkái igen sokat jövedelmeztek, de még sem annyit, hogy fősvénynyé lett volna. Egyik barátja anyagilag tönkre menvén, egy közigazgatási hivatal elnyeréseért folyamodott s nagyobb siker érdekében pártfogását kérte ki. Wollaston a kérelmét megtagadta ugyan, de e helyett barátjának 10,000 font sterlinget küldött, mely összeg jóval meghaladta a kért hivatal értékét.

Wollaston már 1798-ban a Royal Society tagjává választatott. Később e társaság titkárává s erre egy pár év múlva (1820-ban) elnökévé választatott. Ezen kívül tagja volt az Astronomical Societynek és a Board of Longitudenек.

Wollaston 1828 decz. 22-én halt meg. Utolsó kívánságához képest minden pompa nélkül temettetett el a chislehursti temetőben. Halála előtt

a Royal Society-n 10,000 font sterling alapítványt tett olyanok segélyezésére, kik fizikai vizsgálataikban anyagi segélyre szorúlnak.

## DULONG

I. Dulong ifjúsága és tanulmányai. - Chemiai munkái.

Pierre Louis Dulong 1785 febr. 12-én Rouenban, Corneille és Fontenelle szülőföldjén született. Szülei szegények valának. Atyját 4 éves korában elveszítvén, nevelésének gondjai anyjára súlyosodtak, a ki e gondokat csak néhány távoli rokon segítségével viselhette.

Dulong pályafutásának kezdete nehéz időkbe esett. A forradalom éppen kitörőben volt, a kollégiumok és líczeumok, melyeket rendszerint papok vezettek, zárva voltak. Dulong szegényes községi iskolára szorult. Miután az elemieket, melyeket ilyen iskola nyújthat, elsajátította, saját erejéből kellett felküzdenie magát arra a fokra, melyet a politechnikai iskolába felveendő ifjaktól megkívántak. Dulong minden segítség nélkül elsajátította a megkívántató előismereteket; a föl-

vételi vizsgálatot kiállotta s 16 éves korában ama híres iskolának növendéke volt.

Dulong oly hévvel fogott a tanuláshoz, hogy a második évfolyam végével a sok dologtól beteg lett s tanulmányait félbe kellett szakítania.

A mint egészsége helyre állott, súlyos anyagi viszonyainak nyomása alatt megkezdett tanulmányait abba hagyta s az orvosi pályára szánta el magát. Akkoriban e pályára rövid idő alatt s a legkevesebb fáradsággal lehetett előkészülni, már pedig Dulong-nak az volt a főczélja, hogy mentül rövidebb idő alatt kenyérkeresethez jusson.

Dulong az orvosi oklevelet nemsokára elnyervén, azonnal az orvosi praxis terére lépett. Mivel takarékoságból Páris legszegényebb negyedében ütötte föl tanyáját, betegei is mindannyian a szegény osztályból valók valának, s mivel mindemellett betegeit a leggondosabb bánásmódban részesítette, azok folyvást nagyobbodó számmal sereglettek hozzá. Dulong lelkiismeretéhez nem

férő dolognak tartotta, hogy betegei számára olyan orvosságokat rendeljen, melyek a mellett hogy nagyon költségesek, esetleg talán nem is használtak volna, miért is az orvosságokat maga vette meg s a szűkölködők között ingyen osztotta szét.

E nagylelkű eljárásnak az lett a következménye, hogy anyagi helyzete nem jobbra, hanem még rosszabbra fordúlt, elannyira, hogy végre az orvosi praxissal fölhagyott s hazájába tért vissza.

Itt eleintén botanikával foglalkozott s Normandiának flóráját tanulmányozandó, sok kirándulást tett. Azonban az akkori élénk szellemi mozgalom csakhamar eltéríté a botanika csendes tudományától. Legélénkebb volt a mozgalom a chemia körében; nem csoda tehát, ha ez a rohamosan fejlődő tudomány Dulong-ra kiváló vonzalmat gyakorolt; a botanikusból chemikus lett, olyan chemikus, kinek a chemia ujjaalkotásában dicső része van.

Dulong alig hogy a Collège de France-ba Thénard, Fourcroy utóda mellé mint praeparator belépett, máris egypár jelentős vizsgálattal tüntette ki magát. A kezdő chemikusból csakhamar ügyes analízátor lett; az oldható és az oldhatatlan sók szétbontásával, a foszfornak oxigénvegyületeivel és a chlórnitrogén feltalálásával az új tudomány történetében díszes helyet vívott ki magának.

A chlórnitrogén feltalálása (1811 okt. hóban) majdnem hogy a feltaláló életébe került. Dulong meleg szalmiakoldatba chlórt vezetett s a veszélyes anyag cseppekben vált ki. Tudva van, hogy a chlórnitrogénnek bizonyos anyagokkal való érintkezése elegendő, hogy a leghevesebb robbanással járó bomlás létrejjön; nem kell tehát csodálkoznunk, hogy a feltaláló, az új anyag veszélyes természetét még nem ismervén, szerencsétlenül járt. A robbanás oly heves volt, hogy a laboratóriumban levő majdnem valamennyi készülék összetörött, Dulong pedig egyik szemét és két ujját veszíté. Azonban e veszélyes sérülések

nem riasztották vissza, mert a mint fölépült, ismét hozzáfogott a chlórnitrogén megvizsgálásához, míg végre a veszélyes anyag urává lett.

1815 és 1816-ban a nitrogénnek és a foszornak oxigén vegyületeit vizsgálta meg. Addig a foszornak csak két oxigén vegyületét ismerték, Dulong még két újat talált föl.

II. Dulong és Petit. - A testek kiterjedése és kihűlése.

Dulong miután a chemiát már szép eredményekkel gazdagította volt, a fizikával tüzetesebben kezdett foglalkozni. Munkái, melyek egyrészt a fizikai elméleteket gazdagították, másrészt pedig gyakorlati igényeknek feleltek meg, sohasem fognak elévülni. A tudomány haladásával Dulong egyik-másik módszere javításokon és átalakításokon ment ugyan át, de első szerzőjüknek alapgondolatán mit sem lehetett változtatni. Fizikai munkái nem sokoldalúak s majdnem mindannyian a hőtanhoz tartoznak. De épen az által érthette el azt, hogy a hőtant oly tényekkel



gazdagította, melyek nélkül a fizikának ez az ága mindvégig hézagossá maradt volna.

Dulong kísérleteinek jelentékeny részét Petit-vel szövetkezve hajtotta végre. Fájdalom, e nemességnek rövid idő múlva véget vetett Petit-nek kora halála. E veszteség nagyságát csak akkor ítéld meg, ha a két tudós által elért eredményeket szemlélve, elgondoljuk, hogy egyesült munkájuk még mennyi jeleset termelhetett volna.

Alexis-Thérèse Petit 1791 okt. 2-án Vesoulban született és 1820 jun. 21-én, tehát 29 éves korában, Párisban halt meg. Első ismereteit a besançon-i iskolában szerezte, s 16 éves korában a politechnikai iskolába vétetett föl; tanulmányainak befejeztével azonnal az analízis repetítorává neveztetett ki. 1810-ben a fizika repetítorává s a Bonaparte-líczeumon ugyane tudomány tanárává lett; 1815-ben pedig a politechnikai iskolát reorganizáló bizottságba neveztetett ki. Rövid, de

eredményekben gazdag életének mellbetegség vetett véget.

A két fizikus első munkája a testek kiterjedésére vonatkozott. A szilárd testek kiterjedését közvetetlen lemérés által határozták meg, azonban módszerük legalább is egy anyag kiterjedésének előzetes ismeretét tételezte föl. Eljárásuk hasonló volt Ramsden-éhez (1784), csak hogy az utóbbié nem tételezi föl valamely anyag kiterjedésének előzetes ismeretét.

A folyadékok kiterjedésének mérésére annak előtte a dilatométer használtatott: egy hosszú és szűknyakú lombikban a kiterjedés közvetlenül méretett le s az eredményt csak az edény kiterjedése miatt kellett kijavítani. Ez a módszer, melyet a kéneső kiterjedésére Cavendish, Lavoisier és Laplace használtak, igen egyszerű ugyan, de nem pontos. Dulong és Petit egészen más utat követtek. A hidrosztatikának ama tételéből indultak ki, hogy a közlekedő edényekben a különböző sűrűségű folyadékok egyensúlyban van-

nak, ha magasságaik fordított viszonyban vannak sűrűségeikkel. A kénesőt igen szűk csővel közlekedő két csőalakú üvegedénybe öntötték; az egyik edényt olvadó jéggel, a másikat pedig forró vízzel vették körül. A kéneső különböző mérséklete miatt sűrűsége is megváltozott, tehát a közlekedő edény két szárában különböző magasságokban állott. Mivel e magasságok a kéneső sűrűségével fordított, tehát térfogatával egyenes viszonyban vannak, a kéneső kiterjedése a magasságok különbségéből kiszámítható. Dulong és Petit a kivitelnél igen nagy gondot fordítottak a kéneső mérsékletének pontos meghatározására s ezért a közönséges kénesőhőmérőkön kívül még a léghőmérőt s az általuk feltalált súlyhőmérőt használták. Regnault e módszert később módosította s a kéneső kiterjedését rendkívüli pontossággal határozta meg.

Ha valamely folyadék kiterjedése már ismeretes, akkor az edény kiterjedése a benne levő folyadék látszólagos kiterjedéséből pontosan meghatározható. Dulong és Petit ezen az úton az

üveg kiterjedését kénesővel határozták meg s egyszersmind kimutatták, hogy az üveg magasabb mérsékleteknél erősebben terjed ki. Midőn pedig már az üveg kiterjedését pontosan ismerték, más szilárd testek kiterjedését is meghatározták. A megvizsgálandó testeket egyik végén beforrasztott üvegcsőbe tették, a cső másik végét hajcsővé kihúzták s az egészet kénesővel megtöltötték. A készülék összes súlyából a megvizsgálandó testnek és az üvegnek súlyát levonván, a kéneső súlyát kapták. Ha most az egész készülék bizonyos fokra hevítettett, a szűk csövön a kéneső egy része kifolyt, a kifolyt kéneső súlyából s az üveg és kéneső ismeretes kiterjedéséből az illető test kiterjedése is meg volt határozható.

Dulong és Petit emez eljárásai világosan mutatják, hogy a kísérleti vizsgálatok szabatosításában mennyi kölcsönösség rejlik.

A testek kiterjedésére vonatkozó vizsgálataikat még be sem fejezték s máris egy nem kevésbé fontos másik feladat megfejtéséhez, a kihülés

törvényeinek levezetéséhez fogtak. Ide vonatkozó dolgozatuk, mely 1818 márcz. 16-án az akadémia díját nyerte, a kísérleti fizikai vizsgálatok mintaképének tekinthető.

Eljárásuk a következő volt. Állandó mérsékletű olajjal megtöltött rézkádba belső fölületén jól bekormozott ballont tettek: a ballonnak a kádból kinyúló nyakára köszörült üveglapot illesztettek. E lapnak közepe át volt lyukasztva, hogy azon hőmérőt lehessen keresztül dugni; az üveglapra még egy csappal ellátott üvegharangot állítottak, hogy esetleg az egész készülékből a levegőt ki lehessen szivattyúzni. A megvizsgálandó test a hőmérő golyója volt, mely épen a ballon közepéig ért; a kihülés gyorsaságát a kísérlet előtt megmért hőmérő közvetetlenül megmutatta.

E készülékkel a kísérletet minden lehető módon variálták; máskülönben egyenlő körülmények között megváltoztatták a hőmérő golyójának tartalmát, fölületét (a mint ezt korommal, ezüsttel stb. bevonták); megváltoztatták az olaj-

fürdő mérsékletét, vagyis a mérsékleti túlmányt, végre a ballont különféle gázokkal töltötték meg. E változtatások sorozata által minden befolyás figyelembe vehetővé vált.

Ezek után az előbbeni kísérlet-sorozatokat lég-üres térben hajtották végre, ez volt kísérleteik második főrésze. A kísérletek első sorozata a sugárzás és vezetés okozta kihűlés törvényeit, ellenben a második sorozata csak a sugárzás okozta kihűlés törvényeit állapította meg. Könnyű belátni, hogy e kísérletek mind a két sorozata által a vezetés okozta kihűlés is meg volt határozható. Hogy a kísérleti sorozatokból a kihűlési törvényeket absztrahálhassák, jelentős előzetes munkát kellett végrehajtaniok, azaz egy képletet kellett felállítaniok, mely a kihűlést csupán az idő függvényében fejezi ki. Eleintén Newton kihűlési törvényét használták (mely törvényen Fourier hőelmélete is alapszik), azaz föltették, hogy ha az idő számtani sor szerint növekszik, a testek mérsékleti túlmánya mértani sor szerint fogy. Azonban csakhamar észrevették, hogy e törvény,

különösen a nagyobb mérsékleti túlmányoknál nem alkalmazható, minélfogva egy másik, kissé komplikáltabb képletet állítottak föl, mely azonban képes volt a kísérleti eredményeket visszaadni.

A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy ha a kihűlő testnek méretei vagy anyaga (a hőmérőgolyó beltartalma) változnak meg, akkor a kihűlés törvényét kifejező képletnek csak az állandói változnak meg, tehát maga a törvény változatlan marad. Ellenben, midőn a kihűlő fölület változott meg, maga a törvény is lényeges módosulásokat szenvedett.

Ezek után meghatározták az alakját ama függvénynek, mely pusztán a sugárzás okozta kihűlést fejezi ki; a függvény állandóit ismét a kísérleti eredményekből számították ki. Végre az első kísérleti sorozat eredményeiből levonván a második sorozat eredményeit, meghatározták a hővezetés befolyását s itt arra a nevezetes eredményre jutottak, hogy a vezetés okozta kihűlés

sebessége független a testek fölületétől; ha tehát a kihülés-törvény az első kísérleti sorozatnál a fölületek megmásítása miatt megváltozott, ez csakis a sugárzásnak tulajdonítandó.

Dulong és Petit képletei egészen szabatosak azokra a mérsékleti hatásokra nézve, melyek között a kísérletek végrehajtottak. Azonban ők nem vették figyelembe a testek alakját, pedig Péclet kimutatta, hogy a kihülés sebessége eme tényezőtől is függ; továbbá nem vették figyelembe azt, hogy a különböző törékenységű hősugarak mennyisége a mérséklettől különböző törvények szerint függ. Már pedig a Dulong-féle kihülési törvények abból az alapföltevésből indulnak ki, hogy a kihülő test kilövelte sugarak s a lombik falazata által visszalövelt sugarak egyneműek, tehát a mind a két esetben kisugárzott hő a mérsékletnek ugyanaz a függvénye. Dulong és Petit törvényeit tehát úgy kell tekintenünk, mint igen szabatos tapasztalati törvényeket, melyek eredeti értelmükben lesznek használandók mindaddig, míg



a különböző törékenységgű sugarak sugárzási törvényei kellőleg tanulmányozva lesznek.

III. A szilárd testek és a gázok fajheve. - Dulong és Petit törvénye.

- A gázok hirtelen térfogat-változására vonatkozó törvény.

Dulong és Petit mutatták meg először, hogy a szilárd testek fajheve nem állandó, azaz hogy a hőmennyiségek, melyek ugyanazt a testet  $0^{\circ}$ -ról  $1^{\circ}$ -ra,  $49^{\circ}$ -ról  $50^{\circ}$ -ra,  $99^{\circ}$ -ról  $100^{\circ}$ -ra stb. hevítik, egymástól különböznek. Kísérleteiknek hat fémet vetettek alá s mindegyiknél tapasztalták, hogy magasabb mérsékleteknél a fajhő nagyobbodik, hasonló eredmény mutatkozott az üvegnél is. Később Regnault Dulong és Petit észleleteit megerősítette s a fajhő növekedését a folyadékoknál is kimutatta.

A Dulong és Petit által bebizonyított tény abban leli magyarázatát, hogy a magasabb mérsékleti határok között a hőnek nem csupán melegítő szerepe van, hanem a testek molekulás szerkeze-

tét is megváltoztatja, a halmazállapotot lazítja, tehát az olvadásra, illetve a forrásra mintegy előkészíti. Miután Regnault és más experiméntátorok még azt is kimutatták, hogy ugyanannak az anyagnak ugyanazon mérsékleti határok között különböző fajheve lehet, a szerint a mint molekulás szerkezete változik, általában be volt bizonyítva, hogy a fajhő nem állandó, hanem a testek mérséklete vagy molekulás szerkezete szerint változik.

A gázok fajhevének pontos ismerete a hőelmélet fejlődésére kiváló befolyást vala gyakorlandó. A gázok mechanikai szerkezete a legegyszerűbb, a nyomás, mérséklet- és térfogat-változások egyszerű és biztos törvényeknek vethetők alá s ez oknál fogva könnyű átlátni, hogy az ily testek melegítés-viszonyai a fizikusokat mindenkor kiválóan érdekelték.

Ha valamely gázt melegítünk, ez erősen kiterjed; azonban a kiterjedés ereje nem oly nagy, hogy a gáz kiterjedését meg ne lehetne akadá-

lyozni. Tehát két esetet kell szem előtt tartanunk: a gáz a melegítésnél szabadon kiterjedhet, tehát feszítő ereje állandó; vagy pedig kiterjedését megakadályozzuk, tehát térfogata állandó. Könnyű átlátni, hogy a két esetben ugyanazon mennyiségű gáznak különböző mennyiségű hőre van szüksége, hogy mérséklete egy fokkal emelkedjék, vagyis a gázoknak két fajhevük van, az egyik állandó feszítő erőre, a másik pedig állandó térfogatra vonatkozik. Efféle megkülönböztést a szilárd és folyós testeknél nem kell tennünk, mert a hő okozta térfogati növekedésük aránylag igen csekély.

A gázok fajhevére vonatkozó legrégibb kísérleteknél a feszítő erő mindig állandónak vétetett. Lavoisier és Laplace jégkalorimétert használtak, melynek belsejében a megvizsgálandó gázokat kigyózdó csöveken át vezették. Clement és Desormes hasonló eljárást követtek. Leslie a levegő és a hidrogén fajhevét meghatározván, arra a következtetésre jutott, hogy e két gáz egyenlő térfogatának ugyanaz a fajheve van. Gay-Lussac, a

Leslie kísérleteit ismételvén, sokkal tovább ment. Ugyanis azt állította, hogy a levegőnek, hidrogénnek, oxigénnek, szénsavnak s valószínűleg valamennyi gáznak ugyanazon térfogat mellett és ugyanazon nyomás alatt egyenlő fajhevük van. Minthogy az elméleti nézetek Gay-Lussac állítását megerősíteni látszottak, a francia Institut a kérdést eldöntendő, a fizikai díjat 1811 jan. 7-iki ülésen a különböző gázok fajhevének meghatározására tűzte ki. A díjat 1813-ban Delaroche és Bérard emlékirata nyerte el. E két fizikus egy állandó és mérhető sebességű gázáramot vízfürdőben megmelegített s kaloriméterben lehűtött. Az ő kísérleteik valának az elsők, melyek megbízható eredményeket adtak; kísérleteikből csakugyan kitűnt, hogy a levegő, hidrogén, nitrogén és oxigén egyenlő térfogatai ugyanannyi hőt igényelnek, ha mérsékletüket egy fokkal növelni akarjuk, ellenben a többi gáznál az egyenlő térfogat szerinti fajhő különböző; továbbá kitűnt, hogy valamennyi gáz között a hidrogénnek van a legnagyobb súlyszerinti fajheve (háromszor akkora

mint a vize). Ha valamely gázt állandó feszítő erő mellett hevítünk, a kiterjedő gáz a külső nyomást legyőzi. A nélkül, hogy a kiterjedésnek mechanikai körülményeit közelebbről vizsgálánk, könnyű belátni, hogy a gázok melegítésének ez a módja nem tünteti elő a hő közvetetlen, azaz melegítő, mérséklet-emelő hatását. A gázok igazi, azaz minden mellékkörülménytől ment fajhévét tehát csak akkor fogjuk kapni, ha a gázokat állandó térfogat mellett hevítjük. Azonban e fajhő direkt meghatározása már csak azért is lehetetlen, mivel bizonyos edénybe zárt gáznak súlya az edény súlyához képest elenyésző, tehát a gáz hevítésére megkívántató hő az edény hevítésére megkívántató hőhöz képest szintén elenyésző, elannyira, hogy egy gázzal megtöltött edény hevítésére majdnem ugyanannyi hőre van szükségünk mint egy légüres edény hevítésére. Azonkívül a hevítésnél az edénynek s evvel együtt a benne levő gáznak is kiterjedését megakadályozni nem lehet. Itt tehát indirekt módszerekhez kellett folyamodni, vagyis a szóban forgó fajhőnek

az állandó feszítő erőre vonatkozó fajhőhöz való viszonyát kellett meghatározni.

A hirtelenül összenyomott levegő megmelegszik, rugalmassága nemcsak a növekedő nyomás, hanem még a növekedő mérséklet által is fokozódik, tehát a Mariotte törvénye többé nem alkalmazható. Poisson bebizonyította, hogy ez esetben az összenyomás törvénye akként módosul, hogy a térfogatoknak a feszítő erőkhöz való fordított viszonyát a két fajhő viszonyával hatványozni kell.

Mariotte törvényének ez a módosítása már kijelölte azt az utat, melyet a két fajhő viszonyának kísérleti meghatározásánál követni kellett: meg kellett mérni a gáznak egy bizonyos térfogatához (vagy sűrűségéhez) tartozó feszítő erőt a hirtelen összenyomás előtt és után. Ezt az utat először Clement és Desormes, később pedig Gay-Lussac és Welter és más experimentátorok követték.

Azonban az ilyen kísérletek, bármily nagy gonddal hajtassanak is végre, a ki nem küszöböl-

hető hibaforrások miatt teljesen megbízható eredményeket nem adhatnak. Van azonban a meghatározásnak egy másik módja, melyet akkor ismertettünk, midőn a hangsebesség képletének Laplace-féle korrekciójáról szóltunk. E másik mód szerint eljárva, csak a hangsebességnek pontos értékét kell ismernünk. A levegőre nézve ez az érték a legpontosabban Regnault által határozott meg, s a szóban forgó viszony legvalószínűbb értéke (1.4011) a Regnault s a többi experimentátor adataiból számíttatott ki.

Elérkeztünk ahhoz a ponthoz, melynél a szóban forgó meghatározásokban Dulong is jelentős részt vett. A két fajhőnek viszonyát más gázokra nézve is ki lehet számítani a hangsebesség képletéből, ha a sebességet az illető gázokban ismerjük. E sebességek a legpontosabban a Chladni módszere szerint, azaz sípokkal határozhatók meg. Azonban a pontosabb kísérletekből kiderült, hogy a sípok hangjai rendszerint mélyebbek, mint az elméleti úton kiszámított értékek, azaz hogy az elméleti értékek a valóságnak megfelel-

jenek, a képletben a sípok hosszúságát valamivel nagyobbak kell venni. Dulong ezt a nagyobbítást kísérleti úton meghatározta, mi által lehetővé vált a hang sebességét a különböző gázokban a lehető legnagyobb pontossággal meghatározni, s az így kapott értékekből a fajhőviszonyt kiszámítani.

Dulong és Petit az egyszerű testek fajheveit vizsgálgtván, arra a nevezetes eredményre jöttek, hogy az egyszerű testek fajheveinek és atómsúlyainak szorozmánya, vagyis az atómhő, állandó mennyiség. Ha az elemek atómsúlyait a hidrogénére mint egységre vonatkoztatjuk, akkor ez állandó mennyiség értéke nagy megközelítéssel 3.

E törvényből a gázokra nézve azonnal fontos következtetést vonhatunk. A gázok atómsúlyai arányosak sűrűségeikkel; ha tehát a Dulong és Petit törvénye érvényes, kell hogy a fajhő és sűrűség szorozmánya állandó legyen. Mivel pedig ez a szorozmány azt a hőt fejezi ki, mely megkí-



vántatik, hogy a gáztérfogat egységének mérséklete egy fokkal növeltesék, következik, hogy a gázoknak a térfogat-egységre vonatkozó fajhevei egymással egyenlők, mely következtetésnek a nehezen sűríthető gázok valósággal meg is felelnek.

Dulong és Petit törvénye a tudományos világban méltó föltűnést keltett, s mivel a chemiát nagyon közlelről érdekelte, kiterjedt vizsgálatokra adott alkalmat. Mivel a törvény helyességét csak az atómsúlyok pontos meghatározása által lehetett szembetűnővé tenni, a figyelem első sorban eme meghatározásokra terjedt ki; Neumann pedig megvizsgálta, vajjon az összetett testekre nézve nem lehetne-e analóg törvényt felállítani. S valóban, Neumann a törvényt oda általánosította, hogy az egyenlő chemiai szerkezetű összetett testeknél is a fajhő s az atómsúly szorozmánya állandó, s e törvényt a fémek némely oxidjaira, a fémek kénvegyületeire és a vízmentes kénsavas és szénsavas sókra kiterjesztette.

A törvény alaposabb kifejtésére Dulong és Petit maguk adtak alkalmat, midőn kimutatták, hogy a fajhő nem állandó, hanem általában a mérséklettel növekedő mennyiség. Mint sok más alkalommal, úgy most is Regnault experimentátori tehetsége vetett a szóban forgó törvényre legtöbb világosságot. Regnault kiterjedt vizsgálataiból kiderült, hogy az atómhő nem abszolút állandó ugyan, de az eltérések oly szűk határok közé szorúlnak, hogy a Dulong és Petit törvényét érvényesnek tekinthetjük. Azonban 11 egyszerű testre nézve az az eltérés mutatkozott, hogy atómhevíük körülbelül kétszer akkora mint a többi egyszerű testé, minek folytán Regnault azt az ajánlatot tette, hogy ez elemek atómsúlyai akkorának vétessenek, hogy a Dulong és Petit törvényének megfeleljenek, azaz hogy megfeleztessenek. Ez az ajánlat fölöslegessé vált akkor, midőn a chemikusok az Avogadro törvényére támaszkodó jelenleg elfogadott atómsúlyokat vetették a számítások alapjáúl. Különben is a foszfor és a kén kevésbé jelentős eltéréseit nem tekintve,

a bór, szén és szilícium annyira eltérnek Dulong és Petit törvényétől, hogy abban az esetben, ha e testeknek más atómsúlyokat tulajdonítani nem akarunk, ama törvényt általános érvényességűnek el nem ismerhetjük. De épen, mivel ez öt testnek atómsúlyai igen biztosan határoztattak meg, Dulong és Petit törvényét, mindaddig, míg ez aránylag csekély számú eltérések okai kellőképpen fölismertetni nem fognak, csak az egyszerű testek túlnyomó többségére érvényes tapasztalati törvénynek kell tekintenünk, holott a törvénynek Neumann-féle általánosítása a későbbi vizsgálatok alapján teljes érvényességűnek bizonyult be.

A gázok hirtelen térfogatváltozásánál megköttött vagy szabaddá váló hőre vonatkozólag Dulong a következő általános törvényt állította föl: ha az egyenlő mérsékletű s egyenlő nyomás alatt levő különböző gázok egyenlő térfogatát a térfogatnak ugyanavval a részével hirtelen összenyomjuk vagy kitágítjuk, mindannyian ugyanannyi hőt fejlesztenek vagy nyelnek el s az innét

eredő mérsékletváltozások fordított viszonyban vannak az illető gázoknak állandó térfogat szerinti fajhevével.

Ez a nevezetes törvény, melyből a gázok fizikai szerkezetére vonatkozó fontos következtetéseket vonhatunk, föltűnést nem keltett. Elvi jelentőségét később Robert Mayer ismerte föl.

IV. Mariotte törvénye. - A vízgőzök feszítő ereje. - Sugártörés a gázokban.

Mariotte törvénye elméleti és gyakorlati kiváló fontosságánál fogva mindenkor élénken foglalkoztatta a fizikusokat. A kik abban a nézetben voltak, hogy a természet tünetenyei mindig igen egyszerű törvényeknek hódolnak, azokra nézve a Mariotte törvényének kétszeres érdeke volt, mert ha ez a valóban egyszerű törvény egészen szigorúnak bizonyult volna be, akkor ama nézetet hatatosan támogatta volna.

Már Bernoulli Daniel vizsgálataiból kitűnt, hogy elméleti szempontból a Mariotte törvénye csak bizonyos megszorító föltételek mellett áll-

hat. A múlt század közepén Muschenbroek, Sulzer és Robison e törvényt kísérleti úton vizsgálták meg s eltéréseket konstataáltak ugyan, de ez eltérések természetét még nem ismerhették föl.

E kísérletek után hosszú szünet állott be, míg végre a jelen század elején Oersted és Schwendsen a kérdést újra fölvtették. Kísérleteik első sorozatánál Mariotte módszerét használták, persze tökéletesebb eszközökkel; a második sorozatnál pedig a levegőt edénybe szorították, sűrűségét súlyméréssel, nyomását pedig emeltyűs biztosító szeleppel mérték meg. E fizikusok 1826-ban közzétett eredményeikből azt következtették, hogy a Mariotte törvénye a levegőre nézve 68 atm. nyomásig szigorúan áll, ellenben a többi gázok eltérnek, még pedig annál inkább, mennél könnyebben folyósíthatók. Miután Despretz kísérletei is hasonló eredményt adtak, sőt azokból még kiderült, hogy a levegő sem követi szigorúan Mariotte törvényét, a párisi akadémia Dulong és Arago-t döntő kísérletek tételére szólította föl.

E kitűnő fizikusok a levegő összenyomását 27 légköri nyomásig vizsgálták meg. Módszerük elvben teljesen megegyezett ugyan a Mariotte-ével, de a készülék pontos szerkezete és a lehető legnagyobb gonddal végrehajtott mérések mellett oly eredményeket adott, melyek szabatosság és megbízhatóság tekintetében a megelőzőket mind fölülmúlták. Az eljárás egyedüli tökéletlensége (melyet Regnault 1845-ben kiküszöbölt) csak az volt, hogy a készülék rövidebb zárt csövébe mindig 1 atm. nyomású levegőt tettek, s ezt kénesővel fokozatosan 27 atm. nyomásig összeszorították; ez eljárásnál a levegő térfogata végre oly kicsiny lett, hogy a pontos mérés majdnem lehetlenné vált. A nyert eredményekből kitűnt, hogy a levegő térfogata mindig kisebb volt, mint a mekkorának a megfelelő nyomások alatt a Mariotte törvénye szerint lennie kellett volna; de mivel az eltérések csak igen csekélyek valának, Dulong és Arago azt következtették, hogy a Mariotte törvénye szigorúan érvényes. Csakhogy azt figyelmükön kívül hagyták, hogy az eltérések min-

dig ugyanabban az irányban következtek be, tehát az észleleti hibáknak betudhatók nem valának.

A későbbi kísérletek, melyek fokozott gonddal hajtottak végre, kétségen kívülé tették, hogy a Mariotte törvénye csakugyan nem szigorúan érvényes, de az eltérések észszerű magyarázata csak az úgynevezett állandó gázok (levegő, oxigén, nitrogén, hidrogén) folyósítása után vált lehetővé.

Arago és Dulong vizsgálataikat a többi gázra is ki akarták terjeszteni, de tervük kivitelét megakadályozta a kormány, elvonván tőlük a helyiségeket, melyekben a készülékek föl voltak állítva.

Egy nem kevésbé jelentős s gyakorlati szempontból még fontosabb másik vizsgálat az volt, melyet Dulong szintén a híres Arago társaságában a vízgőzök feszítő erejére vonatkozólag hajtott végre.

A gőzök feszítő ereje a térfogatváltozással a gázokéhoz hasonló módon változik. Ha azonban egy bizonyos mérsékletű gőzt fokozatosan összenyomunk, végtére oly ponthoz érkezünk, a melyen túl minden összenyomás fölöslegessé válik, mert a helyett hogy a gőz feszítő ereje növekednék, egy része folytonosan lecsapódik s a feszítő erő az adott mérsékletnél állandó marad. E pontnál a gőz telítve van, azaz az adott mérsékletnél a gőz által kitöltött térben több gőz már nem fér el; a gőz sűrűsége maximumát érte el. Ha a gőz feszítő erejét ama telítési pontnál növelni akarjuk, a gőzt melegítenünk kell, de ekkor azt tapasztaljuk, hogy ennél a magasabb mérsékletnél nem érte el feszítő ereje maximumát, azaz a nélkül hogy a gőz mérsékletét növelnők, új gőzök hozzávevete által feszítő erejét mégis növelhetjük. Látjuk, hogy a gőz minden lehető mérsékletnél a sűrűségnek s a feszítő erőnek bizonyos maximumát érheti el, azaz telítve lehet. Tehát a telített gőzök feszítő ereje csakis a mérséklettől függ.



Ha a gőz folyadékkal folytonosan érintkezik, akkor telítve van, mert az esetleg hiányzó, de a sűrűség maximumához megkívántató gőzök a folyadék párolgása által folyton keletkeznek. Nyilván való, hogy a gőzgépek kazánjai telített gőzökkel vannak megtöltve, miből belátható, hogy telített gőzök feszítő ereje és mérséklete közötti összefüggésnek kiváló gyakorlati fontossága van.

A feszítő erő meghatározása szorosan összefügg a forrás tüneteivel. Mivel egyrésztől a bizonyos nyomás alatt forró folyadékból zárt edényben telített gőz keletkezik s a folyadékra a gőz nyomásán kívül más nyomás nem gyakoroltatik, másrésztől pedig, mivel a gőz mérséklete a forró folyadékéval azonos, nyilván való, hogy a telített gőz feszítő ereje szorosan összefügg a forrás-mérséklettel. Ha tehát a különböző mérsékletű telített gőzök feszítő erejét meg akarjuk határozni, két út áll előttünk: vagy a bizonyos mérsékletű telített gőzt állítjuk elő, s megmérjük nyomását, vagy pedig a vizet ismeretes nyomás

alatt forraljuk s megfigyeljük az ehhez a nyomáshoz tartozó forrás-mérsékletet.

A régibb észlelők kivétel nélkül az első módszert követték. Ziegler (1759) a Papin-féle fazék belsejébe kénesővel megtöltött edényt s ebbe mindkét végén nyílt s a fazék fedőjében légzáróan illesztett csövet állított. A gőzök fölemelte kénesőoszlopnak magassága, hozzáadva a légkör nyomását, a feszítő erőt mérte; a mérsékletet az edénybe illesztett hőmérőn kellett leolvasni.

Watt a nagyobb feszítő erők mérésére hasonló eljárást követett, ellenben az egy légköri nyomásnál kisebb feszítő erők meghatározására két barométert használt. Az egyik barométer Torricelli-féle ürébe vizet vezetett s ezt vízfürdővel melegítette; a keletkező gőzök a kénesőt lenyomták s nyomásuk egyenlő volt a két barométerállás különbségével. Csakhogy Watt azt a hibát követte el, hogy nem az egész gőztérrel melegítette. Watt eljárását Southern is alkalmazta, de Watt hibáját ő is elkövette.

E hibát Dalton elkerülte ugyan, a mennyiben a barométert egész hosszúságában melegítette, de mivel nem sikerült a vízfürdő valamennyi rétegét ugyanarra a hőfokra hevítenie, eredményei teljesen megbízhatók nem valának. Végre Ure e barométeres méréseket úgy módosította, hogy mind a Watt és Southern, mind pedig a Dalton elkövette hibák kiküszöböltettek. Különben Dalton használta először az eljárás második módját; a vizet légszivattyú harangja alatt vagy más térben ismeretes nyomás alatt forralta s a megfelelő forrásmérsékletet észlelte. De mivel a nyomást nem bírta úgy szabályozni, hogy az mindig állandó maradjon, most is csak megközelítő eredményeket kaphatott.

A régibb kísérletek közül különös figyelmet érdemelnek a Gay-Lussac-éi, mivel ezek által a  $0^{\circ}$ -nál alacsonyabb mérsékletű gőzök feszítő ereje határozottatott meg. Gay-Lussac eljárása azon a kísérletileg is bebizonyítható tételen alapult, hogy abban az esetben, ha a folyadékkal érintkező gőzök által betöltött térnek különböző részei

különböző mérsékletűek, akkor a gőz feszítő ereje egyenlő ama telített gőzével, mely a tér leghidegebb helyét töltene be. Gay-Lussac egy barométernek felső végét visszagörbítette s hideg keverékbe mártotta, egyébként pedig úgy járt el mint a többi experimentátorok.

A kéneső fölé tett folyadék a cső visszagörbített szárába átpárolgott s bizonyos idő múlva a gőz feszítő ereje leszállott a visszagörbített szár mérsékletének megfelelő feszítő erőre.

Mindezek a kísérletek csak alacsonyabb nyomásoknál hajtottak végre s Ure is csak  $140^{\circ}$ -ig ment. Voltak ugyan csupán csak technikai célokra szánt egyes meghatározások, melyek magasabb mérsékletekig terjedtek, de ezek csak megközelítő pontosságúak valának. Hogy végtére az elmélet és gyakorlat igényeinek egyaránt megfelelő pontos adatok állapíttassanak meg, a párisi akadémia megbízta Dulong és Arago-t, hogy a gőzök feszítő erejét a lehető legmagasabb mérsékleti határokig határozzák meg.

Dulong és Arago a megbízásnak eleget tettek s a gőzök feszítő erejét  $100^{\circ}$  és  $214^{\circ}$  határok között, tehát mintegy 24 légköri nyomásig határozták meg. A vizet kazánban forralták s a gőzöket zárt kénesőmanométerbe vezették, hol azok a kénesőre nyomást gyakorolván, a levegőt a Mariotte törvénye szerint összeszorították. De mindamellett hogy minden mellékkörülményre kiváló gondot fordítottak, az eljárásnak lényeges hibája volt. Ugyanis Dulong és Arago a gőz mérsékletét a kazánban, feszítő erejét pedig a kazánnal összekötött, de mégis különálló manométerben mérték. Már pedig a gőznek a manométerben alacsonyabb volt a mérséklete mint a kazánban, minél fogva a manométer ennek az alacsonyabb mérsékletnek megfelelő nyomást mérte.

Néhány évvel később egy amerikai bizottság is meghatározta a feszítő erőket magasabb mérsékleteknél s lényegében véve a Dulong és Arago eljárását követte. De épen ez oknál fogva az amerikai adatok is a kelleténél kisebbek voltak, s hogy a követett módszer különben sem volt kifogást-

lan, már onnét is kitűnik, hogy az amerikai adatok a francziáktól némely mérsékletnél tetemesen elérték.

Mindezek a hiányok arra készítették Regnault és Magnus-t hogy a feszítő erő kérdését kifogástalan kísérletekkel eldöntsék. E híres experiméntátorok majdnem egyidőben (1843), de egymástól függetlenül fogtak a munkához s mindamellett hogy különböző módszereket követtek, teljesen összevágó eredményeket kaptak s így a vízgőz feszítő erejének értékeit véglegesen megállapították.

Biot és Arago a gázok sugártörését megvizsgálván, arra az eredményre jöttek, hogy ugyanannak a gáznak törőképessége arányos a sűrűségével.

Dulong e törvény alapján a gázok törés-mutatóját a legnagyobb pontossággal határozta meg s az eredményekből azt következtette, először hogy a különböző gázok törés-képessége nem függ sűrűségeiktől; másodszor, hogy az összetett

gázok törőképessége csak akkor egyenlő az egyes gázok törőképességének összegével, ha az egyes alkotórészek egymásra chemiai hatást nem gyakorolnak; Biot és Arago idevonatkozó törvénye tehát csak a gázok keverékére vonatkozik.

V. Dulong és Berzelius. - A gázok sűrítése fémek által.

- Égési és állati hő. - Dulong mint tanár. - Halála.

Dulong a Petit halála után egyidőre felhagyott a fizikai kísérletekkel s ismét a chemiával foglalkozott. Most Berzelius-sal, a híres svéd chemikus-sal szövetkezett. A két tudós kimutatta, hogy a víz chemiai összetétele eddigelé nem határozott meg szabatosan: szerintük a víz 8 súlyrész oxigén és 1 súlyrész hidrogénből van összetéve. E munkálatot a szénsav pontos elemzése követte.

Döbereiner jénai tanár azt találta, hogy a platinaszivacs a hidrogént megsűríti és meggyújtja. Dulong és Thénard e meglepő kísérletet az akadémiának bemutatták, s azt találták, hogy a plati-

na tulajdonságával még a palladium, rhodium és iridium is bír, sőt kimutatták, hogy a fémeken kívül még más testek is, különösen a szén, megsűrítik a gázokat.

A vegyülési hőre vonatkozó kísérletek oly régiek mint maguk a kaloriméteres vizsgálatok. Crawford, Lavoisier, Dalton és Rumford egyaránt foglalkoztak e feladattal.

Lavoisier és Rumford kísérleteiből az látszott következni, hogy a hőmennyiségek, melyek a különböző testek oxidácziójánál fejlődnek, egymással egyenlők vagy legalább is egymáshoz egyszerű viszonyban állanak, föltéve, hogy a testek egyenlő mennyiségű oxigént fogyasztanak. Ezt a nézetet Welter határozottan kifejezte, de helytelenségét már Despretz pontosabb kísérletei kitüntették. Azonban a teljesen megbízható első kísérleteket Dulong hajtotta végre. Sajnos, hogy e munkáját már nem fejezhette be teljesen; eredményeit hátrahagyott irataiból Cabart nevű aszisztense állította össze.



Dulong kalorimétere kicsiny fémkamara volt, melyet vízzel megtöltött nagyobb edénybe állított. A kamarába az égéshez megkívántató oxigént csővel vezette be; az égés-termékek a kaloriméter vizébe tett kigyódzó csövön szállottak el. Dulong a kamarában gázokat, folyadékokat és fémeket égetett el. Hogy a hőszugárzás zavaró befolyását kiküszöbölje, a Rumford által először használt fogást alkalmazta: a kalorimétert a kísérlet elején ugyanannyival hűtötte a környezet mérséklete alá, mint a mennyivel a kísérlet végén a környezet mérsékletét fölülmulta. Dulong eredményeiből Welter következtetésének helytelensége nyilván kitűnt, Dulong azonban azt gyanította, hogy az égési hő és a fajhő között bizonyos egyszerű összefüggésnek kell fönállania.

Favre és Silbermann kiterjedt kísérleteiknél szintén a Dulong kalorimeterét használták; lényeges változtatást azon nem tettek.

Dulong kaloriméteres kísérletei közül nagy hírre vergődtek az állati hőre vonatkozók, me-

lyek a Despretz-éivel együtt az állati hő elméleti tárgyalásánál kiváló szerepet játszottak.

Dulong a különféle melegvérű állatokat belülről fűzfa-vesszőkkel bélelt rézkamarába zárta s ezt vízzel megtöltött kádba helyezte. A szekrénybe vezetett légáram által az állatok a megkívánta friss levegőt kapták s egyszersmind a respiráció termékei kivezettettek. Az utóbbiak (szén-sav és víz) mennyiségét Dulong pontosan meghatározta s kiszámította, hogy ugyanannyi szén-sav és víz direkt előállításánál (szénből, illetve hidrogénből) mennyi hő fejlődne. Dulong (valamint Despretz is) azt hitte, hogy e hőmennyiség egyenlő az állati test által kiadott hővel. E mellett azonban nem volt figyelemmel arra, hogy az állati testben nem tiszta szén és hidrogén oxidálódik; tehát neki az élelmi szerek elégetése által fejlesztett hőt kellett volna meghatároznia.

Dulong és Despretz kísérletei, a mellett hogy a chemiának elméleti irányban való fejlődését előmozdították, még az erő megmaradása elvét is

kísérletileg támogatták. A régi fiziológiai felfogás az állati hőt egy külön erő, az "életerő" hatásának tulajdonította. Sőt még 1842-ben is akadtak olyanok, kik az állatok melegét az anyától örökölt valamelyes dolognak tekintették. E felfogás ellen Liebig hathatósan kikelt. Mivel néme-lyek Dulong és Despretz kísérletei által az élet-erő elméletét nem megczáfoltnak, hanem inkább megerősítettnek látták. Robert Mayer is elmésen, még pedig az általa felállított természeti törvény szempontjából küzdött ama felfogás ellen. "A neveztem természetvizsgálók (Dulong és Despretz) kísérletei, mondja Mayer, nemcsak hogy az ex nihilo nil fit alaptételt meg nem czáfolják, sőt ellenkezőleg, a megtámadott igazságot tapasztalati úton megerősítik. E kísérletek arra tanítanak, hogy az állati hő fejlesztésével egy chemiai pro-czesszus, az eléégés, párhuzamosan halad, és a ki-választott hő a szén és a hidrogén oxidációjának majdnem teljesen megfelel; de nem tanítanak arra, hogy a fejlődött hő a valóságban nagyobb volna, mint a mekkorát a chemiai pro-czesszus

előállítani képes, a hőnek az életfolyam által teremtetett quotáját pedig legkevesbbé sem ismertetik föl."

Miután Dulong tudományos műveit, a mennyire lehetett történelmi összefüggésben, előterjesztettük, róla még mint tanárról s magánemberről kell szólanunk. Vizsgálatainak eredményei, munkatársainak fényes nevei előre gyaníttatják velünk, hogy a legfelsőbb tanhatóságok nem mulasztották el, hogy a tudós fényes tehetségeit a tanuló ifjúság javára értékesítsék. Először az École normale-hoz (mint maitre de conférences) neveztetett ki, később a Faculté de sciences és az alforti iskola kémiai tanszékére hivatott meg. Petit halála után a politechnikai iskolán a fizika tanárává lett s 1830-ban, néhány nappal a juliusi forradalom kitörése után, Arago indítványára ugyanahhoz az intézethez a tanulmányok igazgatójává (directeur des études) neveztetett ki s e tisztelet haláláig töltötte be. Az akadémiának már 1823 óta tagja volt.

Dulong magatartása kissé hideg volt s akik barátságtalan arczkifejezése után ítélték volna meg, könnyen félreismerhették volna. Azonban ha külső megjelenése nem is volt nagyon megnyerő, belsőleg annál gyengédebben érzett; szívessége nem modorából, hanem eljárásából és cselekedeteiből tűnt ki. Midőn saját munkáiról szólt, rendkívül szerény volt, ellenben a mások munkáiról mindenkor legnagyobb elismeréssel beszélt; irigység vagy féltékenység lelkét sohasem szállotta meg. A tudományt önmagáért művelte s a tudomány érdekeinek személye érdekeit teljesen alárendelte; vizsgálatainál sohasem gondolt arra, hogy azokból esetleg anyagi hasznot húzzon. Kitüntetések nem keresett, ezek őt keresték föl. Midőn X. Károly egyízben a politechnikai iskolát meglátogatta, észrevette, hogy a fogadásra összegyűlt tanárok közül csak egy nem volt dekorálva. A király értesülvén, hogy ez Dulong, egy szalagot személyesen tűzött a szerény tudós gomblyukába. Ez a ritka ceremónia Dulong egyéni jellemén mit sem változtatott; bará-

taihoz való viszonya ép oly szíves maradt mint a milyen azelőtt volt.

Dulong keveset beszélt; csak családi és baráti körben élénkült föl. Az ékes és hangzatos beszédnek nem volt barátja s előadásaiban sem lehetett feltalálni a francia professzorok jellemző eleganciáját; minden szót, melyre okvetetlenül szüksége nem volt, időveszteségnek tekintett. Innét volt, hogy előadásaiban mindig csak az észhez szólt s a tárgy iránt igazi lelkesedést nem tudott előidézni s ezért mint tanár nagyobb népszerűsége nem vergődött. Mindamellett hogy csak az exakt igazságokra fektetett súlyt, nagy barátja volt a költészetnek és a zenének.

Dulong, mint már említettük, az égési hőre vonatkozó vizsgálatai közben halt meg, 1838 jul. 19-én. Halálát fájdalmas gyomorbaj okozta s különben is meg volt törve a túlságos munkától.

Dulong halála barátai és nagyszámú tanítványai körében mély fájdalmat idézett elő; temetése a legnagyobb részvét mellett ment végbe s

Arago-nak mint az akadémia állandó titkárának s Dulong benső barátjának búcsúztató szavai sokakat könyekre indítottak. "Mindannyian tudtuk, mondá Arago, hogy mily önzetlen volt a mi barátunk, hogy mennyi gépet és készüléket készített. Tudtuk azt is, hogy valamely hasznos igazság fölkeresésétől sem pénzáldozatok, sem exploziók vissza nem riasztották, ez utóbbiak még akkor sem, miután már egyik szemét és jobb kezének két ujját a tudomány szolgálatában elveszté; de azt még csak nem is gyanítottuk, hogy az oly nagyszámú bámulatra méltó vizsgálatait vagyonát fölemésztették, nem tudtuk, hogy hű és szeretetre méltó nejének és jeles gyermekeinek dicső munkái emléken kívül egyéb örökséget nem hagyott hátra. Csak tegnap nyíltak meg szemeink. De rögtön hozzá kell tennünk, s ez mindenkinek megnyugvással fog tudomására lenni, hogy a mint a közoktatásügyi miniszter aggodalmainkról értesült, sietett, hogy Dulong özvegyének a tudomány és az ország adóját lerója."

Látjuk, hogy Dulong, ki a tudományt annyi kincscsel gazdagította, szegényen halt meg. Kollégái rögtönzött aláírás utján állítottak neki sír-  
emléket.

Dulong három fia közül az egyik mint genietiszt, a második mint ügyes rajzoló tűnt ki.



**YOUNG**



**YOUNG.**

A tudományok történetében, valamint általában az emberi értelem fejlődésének történetében, nem ritkán találkozunk avval az esettel, hogy a nagyeszű reformátorok művei, méltó, hogy az értelmi fejlődés történetében korszakot alkossanak, korai megjelenésük miatt az értelmetlen korra vagy befolyás nélkül maradtak, vagy pedig a törvényerőre emelkedett szokások és a tekintély hatalomszavának súlya alatt hosszú időközön át szunnyadoztak, hogy a kellő idő elérkeztével megnyissák azt az új korszakot, melyet hogy megnyissanak, évszázados hivatásuk vala.

Ilyen esettel találkozunk az optikának, nevezetesen a fény hullámelméletének történetében. A Grimaldi, Hooke és Huyghens eszméi, melyek a newtoni tekintély zsibbasztó súlya alatt egy évszázadon át szunnyadoztak, s a melyek az Euler szózata által csak néha-néha kértek igazságot: a jelen század elején egy ritka tehetségű bűvár vizsgálatai által természetes jogaikba visszahe-lyeztetvén, rövid idő alatt a tekintély bástyáit le-

döntötték s az emberi tudást a legszebb eredményekkel gazdagították.

Ez a ritka tehetségű bűvár Young volt, a ki az interferenciák elvének föllállításával az optika új korszakát nyitotta meg.

I. Young ifjúsága. - Tanúlmányai, rendkívüli tehetségei. - A látás elmélete.

Thomas Young 1773 jun. 13-kán Milvertonban, Somersetsshireben született; szülei a quäkerek felekezetéhez tartoztak. Gyermekkorá első éveit nagyatyjánál Minehead-ban töltötte. E férfiú gazdag kereskedő volt, s a mi kereskedőnél ritkaság, különös szeretettel foglalkozott az ókori klasszikusokkal. Young tehát intelligens ember kezei közé került. Nagyatyja egy Minehead melletti falusi iskolába küldötte, hol a hosszú óráközöket angol és latin költemények betanulásával töltötte, s ily módon már négy éves korában egy csomó latin verset bírt fölmondani a nélkül, hogy a nyelvet értette volna. Hat éves korában egy bristoli tanár iskolájába lépett, de mivel

a tanár lassú és nehézkes tanmenete szellemét ki nem elégítette, kiváló tehetségeit önképzés útján fejlesztette.

A Young korai és gyors szellemi fejlődése méltán feljogosíthatta azokat, kik az ily körülményekben kedvező események előjeleit látják, hogy a gyermeknek fényes jövőt jósoljanak. Young eddigelé csak is az irodalmat tanulmányozta s bizonyosan az irodalmi pályára lépett volna, ha egy véletlen körülmény szellemét egészen más irányba nem tereli. A 8 éves Young egy ügyes földmérő szomszédságában lakott, s ez annyira megkedvelte, hogy megengedte neki, hogy műszereivel játszodozzék s ünnepnapokon a gyermeket magával vitte. A méréseknél előforduló föladatok az ifjú Young-öt annyira érdekelték, hogy ezentúl a matematikát is, ezt az eddig elhanyagolt tárgyat, tanulmányai körébe vonta.

Kilencz éves korában Thomson nevű tanárnak Comptonban, Dorsetshire-ben levő iskolájába lépett, hol 5 éven át csak a nyelvekkel foglalkoz-

ván, az ó-kori klasszikusokkal hegyéről-tövére megismerkedett. Az olasz és francia nyelvet csak azért tanulta meg, hogy egyik iskolatársának Párisból kapott s ama nyelveken írt könyveit megérthesse, a héber nyelvet pedig azért tanulta, hogy a bibliát eredetiben olvashassa. Egyszer az intézet társalgó termében a tanulóknak a fölött vitatkoztak, vajjon a keleti nyelvek között is van-e olyan eltérés, mint az európaiak között. Young hogy a vitás kérdést eldöntse, a perzsa s az arab nyelvet tanulta meg. Mivel e nyelvek mellett, mint kötelező tárgyat, a németet is tanulta, 14 éves korában kilencz nyelvnek birtokában volt.

A nyelvek tanulásában kifejtett rendkívüli szorgalma mellett még a botanikával is foglalkozott, a mi őt ismét a differenciális számítás megtanulására vezette. Úgy látszik, mintha e két tudománynak semmi köze sem volna egymáshoz, azonban Young megtalálta az összekötő hidat. A botanikusnak mikroszkópra van szüksége, s mivel Young-nek ilyen eszköze nem volt, elkészítésé-

hez maga fogott hozzá. Young a készülék leírása után indult, s mivel az abban előforduló algebrai formulák között előtte érthetetlen fluxió-jelek is előfordultak, a helyett hogy tervéről lemondott volna, inkább az egész felsőbb kalkulust tanulta meg. Azonban e rendkívüli erőfeszítéseknek majdnem áldozatul esett; súlyosan megbetegedett s csak rokonai rendkívüli gondos ápolásának köszönhetette hogy fölépült.

David Barclay, Youngsbury-ben, unokája mellé udvarmestert (tutor) fogadott s ugyanekkor az uralkodó szokás szerint unokája mellé még egy tehetséges tanulótársat keresett. Választása a 14 éves Young-re esett, kinek tehetségeit avval akarta kipróbálni, hogy másolás végett egy angol kéziratot adott neki; meg akarta tudni, van-e szép kézírása. Barclay tehát nem sokat tartott Young-ról, de annál nagyobb volt meglepetése, midőn Young a kéziratot nemcsak szépen lemásolva, hanem még 9 nyelvre lefordítva nyújtotta át!

Young Youngsbury-ben eredeti forrástanulmányok alapján a görög filozófusok rendszereiről terjedelmes értekezést írt, mely azonban kiadatlan maradt. E tanulmányai által a quakerek alapelvei iránt bizalmatlanná lett, de azokat csak néhány év múlva vetette el teljesen.

Young tanulótársával és a ttorral gyakran megfordult Londonban, hol télen át néhány hónapot töltött s a híres Higgins által a chemiába vezetett be. Young anyai ágról való nagybátyja, Broklesby doktor, London leghíresebb orvosainak egyike volt. Ennek házában alkalma volt, hogy előkelő férfiakkal megismerkedjék, kik rendkívüli tehetségeit fölismervén, különféle hivatalokat ajánlottak neki. Richmond herczeg, a tüzérség intendánsa, másodtitkárrá akarta tenni, ellenben Burke és Windham alsóházi tagok a jogi pályára akarták terelni. De az ifjú Young a fényes kilátások és biztatások által el nem kapatta magát s saját hajlamainak engedve, a szerényebb orvosi pályát választotta.

Orvosi tanulmányait Londonban Baillie és Cruickshank vezetése alatt kezdé meg, s Edinburghban nem kevésbé híres mesterek vezetése alatt folytatta. Már ekkor kitűnt egypár jeles értekezése által; 1793-ban, tehát 20 éves korában a látás elméletéről a Royal Societynek egy terjedelmesebb munkát (*Observations on vision*) adott be, mely munka ugyanabban az évben a *Philos. Transactions*-ben meg is jelent.

Young e műben a szem alkalmazkodó képességének problémáját akarta megfejtetni. Fínom észleletei és mérései után arra a következtetésre jutott, hogy a kristálylencsének sajátos izomrendszere van, mely által alakváltozásokra képes. Egy hollandi természetbúvár erősen nagyító mikroskópok segítségével az izomszálakat még látni is vélte. Azonban egy híres anatómus, Sir Everard Home, s egy még nagyobb hírű optikus és mechanikus, Ramsden, pontos méréseikre támaszkodva azt állították, hogy a szemlencse alakja teljesen változatlan marad.



Ily tekintélyekkel szemben Young nem akart ellenkezni s elég szerény volt, hogy elméletét visszavonja. Azonban a meggyőződés sugallata mégis hatalmasabb volt, mint a tekintély szava, s egypár év múlva (1800) Young ismét visszatért elméletéhez. Mikroszkópos kísérletekkel kimutatta, hogy sem a szaruhártya görbültsége, sem pedig az egész szem méretei nem változhatnak, hogy az alkalmazkodó képesség csakis a lencse alakváltozásaiból ered.

Young elmélete nagyjában egészen helyes, azonban az újabb vizsgálatok kiderítették, hogy a kristálylencsének olyan alakváltozásai, mint a milyeneket Young fölvelt, nincsenek.

Langenbeck, Cramer és Helmholtz egymástól független, de eredményben megegyező vizsgálatai szerint a kristálylencsének csak az előlapja görbül, mi által a szaruhártyához majd közeledik, majd pedig ettől távolodik, de a hátlapja változatlan marad; hasonlóképen kimutatták, hogy a lencsének izomszerű szerkezete nincs.

Young orvosi tanulmányait Göttingában fejezte be, hol is 1795-ben doktorrá avattatott.

## II. Az interferenciák elve.

Huyghens, a hullámelmélet megalapítója, csak azt a hullámot vette figyelembe, melyet a közegnek egyetlen egy megrendülése szül. Az e hullám előtt levő s az utána következő hullámok között semmi szabályszerű összefüggést föl nem tett s csak annyit mondott, hogy a hullámok egyenlő sebességgel terjednek s hogy tulajdonságaik azonosak. Könnyű belátni, hogy a hullámok egymás után való következésének figyelembe vétele nélkül épen azok a fénytünemények, melyek az egymásután következő hullámok kombinációjából erednek, megfejtethők nem lehettek. E hézag betöltése volt Young föladata, melyet az interferenciák elvének föllállítása által teljesen megfejtett.

Miben áll ez az elv? Ha valamely rugalmas testet mondjuk a levegőt, akár közvetetlenül, akár pedig más rugalmas anyag közvetítésével megrendítünk, rezgések keletkeznek, melyek fü-

lünkre a hallás érzését gyakorolják. E rezgések sorozatát úgy képzelhetjük, mintha félrezgéseknek egymásután való következéséből állana, még pedig olyformán, hogy egy félrezgés idejének eltelte után a levegőrészecskék sebességei egyenlők, de ellenkezőek. Ha már most két ilyen rezgés (melyek ugyanabból a forrásból erednek, tehát egyenlő időtartamúak) különböző hosszú de közelítőleg párhuzamos utakat befutván, egy pontban találkozik, egymást erősíti vagy gyengíti a szerint, a mint a forrástól számított tovaterjedésük ideje közötti különbség a félrezgés idejének páros vagy páratlan többsége. Ha a találkozási pontig befutott utak közötti különbség nem nagy, akkor a rezgések intenzitása majdnem egyenlő, s ha ilyenkor ellenkező sebességű félrezgések találkoznak, teljes nyugalom fog beállani.

Ez a nevezetes elv, mely homályos körvonalakban már Grimaldi szemei előtt is lebegett, az akusztikára nézve nem volt újság, mert Sauveur már 1700-ban fölismerte a hanghullámok találkozását, s elég elmés volt, hogy a tüneményt a

rezgési számok meghatározására értékesítse. S valóban, Young is csak akkor jött a fény s a hang analógiájára, midőn az emberi hang-szervet, a sípok s általában az akusztikát tanulmányozta. Első munkájában a látásról tisztán csak a fiziológiai és a geometriai optikát illető kérdéseket vitatott, de a mint megbarátkozott az akusztikai elméletekkel, azonnal fölébredt benne az emisszióelmélet iránt való bizalmatlanság. Ez az elmélet, mely akkoriban rendíthetetlen tekintélynek örvendett, mindegyik tüneménynél külön-külön segítő-hipothézisre szorúlt s Young csakhamar átlátta, hogy a fénytünemények oly sokféle s oly önkényes hipothézisek komplikációjának eredményei nem lehetnek. A mint a fényhullámokat általában elfogadta, az interferenciák elvéhez már csak egy lépést kellett tennie, mert bizonyára azt kellett magától kérdeznie, vajjon összetehető-e a fényhullámok úgy, mint a hanghullámok, s hogy ez az összetétel nem eredményez-e a fény intenzitásában fölváltva egymásra következő maximumokat és minimumokat? Azok a hangrezgé-

sek, melyekből az ütések erednek, nem származnak ugyan ugyanabból a forrásból, s nem is egyenlő időtartamúak, de épen mivel a rezgési idők csekély különbsége a tünemény létrejöttének az egyedüli kedvező föltétele, közel feküdt az a gondolat, hogy e különbség teljes megszüntetése által a föltétel kedvező volta a szélső határig fokozható. Ez a körülmény bizonyára nagy mértékben megkönnyítette Young munkáját, s a nélkül hogy Grimaldi eszméit túlbecsülni akarnók, el kell ismernünk, hogy e kiváló fizikus a kellő akusztikai ismeretek hiányában sokkal rögzöbb úton járt, mint Young. Ha Grimaldi előtt Sauveur eredményei ismeretesekek lettek volna, elmélete bizonyára nem maradt volna ingadozó alapon.

Young az interferenciák elvét először az *On the Theory of Light and Colours* (Phil. Trans. 1802) című értekezésében fejezte ki, de már egyik megelőző értekezésében figyelmeztetett a színgyűrűk és a fedett sípok törvényei között fönnálló analógiára. Az idők és a körülmények, me-

lyek között Young föllépett, eléggé igazolják azt az eljárást, hogy a Newton-ellenes tan hirdetése alkalmával is Newton tekintélyéhez folyamodott. Ugyanis Newton a Halley által a Chinai tengerben észlelt abnormális apály- és dagály-tüneményeket a vízhullámok interferenciája segítségével magyarázta, s Young inkább Newtonnak elvileg ugyan ide tartozó, de az optikától igen messze fekvő propozíciójához folyamodott, semhogy érveit a sokkal közelebb fekvő akusztikai tüneményekre alapította volna. Newton, ha ő maga is a hullámelmélet híve lett volna, az ár- és apályra vonatkozó magyarázatával az interferenciák elvét mintegy előlegesen szentesítette volna, de mivel Newton épen az emisszióelmélet megalapítója volt, Young-nek, hogy a hullámok hipotézisét történelmileg igazolja, még egy angol tekintélyre kellett hivatkoznia. E tekintély Hooke volt, a ki ily módon a hullámelmélet megalapításának hírébe esett. Young csak azután mondotta ki az interferenciák elvét teljes általánosságtan s hozzá tévé azt is, hogy a külön-

böző színű sugarak rezgésidei különbözők s hogy e miatt a fehér sugarak találkozásából nemcsak világosság és sötétség, hanem még színes képek is keletkeznek s hogy a színek egymásra következése és ismétlődése állandó törvényeknek van alávetve.

Az elv ki volt mondva, még csak a kísérleti direkt bizonyíték hiányzott. De ez nem sokára váratott magára. Young 1804-ben tette közzé az *Experiments and Calculations relative to physical Opticks* (Phil. Trans.) című értekezését, melyben a még hiányzó kísérleti tényeket előterjeszté. Young egy szűk nyílás világította hajszálnak árnyékát figyelmesen szemlélvén, az árnyék közepén két sötét csík között egy világos élénk csíkot vett észre. Ezután a hajszál helyébe egy igen kicsiny és átlátszatlan négyszöget tett, s most meg a négyszög árnyékában mutatkoztak a világos és sötét csíkok; a középső csík fehér volt és két sötét csík által környeztetett, az ezen kívül még mutatkozó világos csíkok már színesek valának, még pedig annál színesebbek, minél távo-

labb estek az árnyék közepétől. Midőn pedig egy közbetett átlátszatlan ernyővel a négyszög egyik széle mellett elmenő sugarakat fölfogta, az árnyék belsejében levő csíkok eltűntek, miből biztosan következett, hogy a csíkok valóban a négyszög átellenes két széle mellett elmenő sugarak találkozásából eredtek. Még csak azt kellett megmagyaráznia, hogy honnét van az, hogy a fény egyáltalában behatolhat a geometriai árnyék belsejébe. E kérdésre a Newton-féle inflexióhipothézissel felelt meg, mely hipotézis szerint a testek szélein megsűrített levegő a sugarakat erősebben törvén, ezek eredeti irányuktól az árnyék belseje felé eltéríttetnek.

Három év múlva Young egy még inkább döntő kísérletet tett közzé az *A course of lectures on Natural Philosophy*, Lond. 1807 (2 köt. 4o) című művében. E kísérlet lényegében véve Grimaldi egyik kísérletének ismételése volt; Young egy elsötétített szoba ablaktáblájának szűk nyílásán fénynyalábot eresztett be s ezt egy sötét ernyő két szűk nyílásán vezette át s végre a diffrakció,



vagy az akkori nézet szerint az inflexió által szét-nyújtott s egymást részben átható két kúpos nyalábot egy második ernyőn fölfogta. Ott, ahol a két fénykúp egymást áthatotta, élénk csíkok keletkeztek, mely csíkok annál keskenyebbek valának, mennél távolabb volt egymástól az első ernyőnek két nyílása. A csíkok azonnal eltűntek, ha az első ernyő egyik nyílását befödte, vagy ha nem keskeny nyalábot, hanem közvetetlen napfényt vezetett az első ernyőre.

Young kísérletei, bármily szembetűnően mutatták is a fényhullámok kombinációját, bizonyos tekintetben mégis kifogásolhatók valának. Ugyanis a fény, melylyel Young a csíkokat létrehozta, már nem volt természetes, hanem inflexió által módosított fény, tehát az emisszió-elmélet hívei e tüneteményeket némi joggal az inflexió különlegességeinek tarthatták. S valóban, az interferenciák elve csak akkor nyert minden kétséget kizáró kísérleti alapot, midőn Fresnel híres kísérleteivel, különösen pedig tükör-kísérletével kimutatta, hogy nem csupán az inflexió által erede-

ti irányuktól eltérített sugarak, hanem a közönséges módon visszavert és megtört sugarak is interferálhatnak.

Ha Young kísérleteivel az interferenciák elvének helyességét nem tüntette is föl a kellő világosságban, mégis az elv termékenységét számos példában kimutatta s az elv és a tünemények között levő összhang földerítése által majdnem ugyanannyit ért el, mint ha az elv helyességét közvetlen kísérlettel minden kétséget kizáró módon bizonyította volna be. Az elv alkalmazásait három értekezésben rendszeresen összeállítva a már említett Natural Philosophy-jében adta elő.

Első helyen a színgyűrűkről kell szólanunk. Young magyarázata sokkal egyszerűbb volt, mint Newton-nak segítő hipotézisekkel megterhelt elmélete. Young először is a visszavert fényben mutatkozó gyűrűket (függélyes vagy közel függélyes beesés mellett) magyarázta. A vékony lemez első és második lapja által visszavert suga-

rak találkoznak; útkülönbségük egyenlő a lemez vastagságának kétszeresével, s ha ez a különbség a félhullámhossz páros többese, a sugarak erősítik egymást és világos gyűrűk keletkeznek, ha pedig a félhullámhossz páratlan többese, a sugarak gyengítik egymást és sötét gyűrűk keletkeznek. Ez volna a tűnemény elméleti törvénye, melyet úgy is fejezhetünk ki, hogy a szerint, a mint a lemez vastagsága a negyed hullámhossz páros vagy páratlan többese, világos, illetve sötét gyűrűk keletkeznek.

Ez a törvény bizonyára igen egyszerű, csak az a főbenjáró hibája van, hogy a tapasztalással ellenkezik. E törvény szerint ott, a hol a lemez vastagsága zérus (a hol a két üveglap érintkezik), világosságnak kellene lennie, holott a kísérlet teljes sötétséget mutat, s általában mindenütt, hol a törvény világos gyűrűket követel, a kísérlet sötéteket ad.

Ezt az ellenmondást megszüntetendő, Young egy igen elmés, s a mint látni fogjuk nagyon is

indokolható segítőhipothézishez fordúlt. Ugyanis föltette, hogy a két visszaverődés közül az egyiknél a rezgések sebessége ellenkezőre változik, ami az eredményre nézve ugyanannyit tesz, mint ha a sugarak útkülönbsége egy félhullámhosszal gyarapodott volna. E föltétel után a tünemény elméleti törvénye olyformán módosul, hogy a kísérleti törvénnyel, tehát a tapasztalással teljesen megegyezik.

Young-nek most még csak a segítő hipothézist kellett kellőképpen indokolnia. Young azt mondotta, hogy a két visszaverődés közül az egyiknél a sebesség ellenkezőre változik, azaz jelváltással jár; már most az a kérdés, hogy a kettő közül melyik szenved ilyes módosulást?

Ha valamely rugalmas golyó kemény falba ütközik, akkor ellenkező sebességgel pattan vissza. Young a golyó és a fény visszaverődését analóg tüneményeknek tekintvén, azt mondá, hogy a rezgések sebessége ellenkezővé változik, ha a sugarak oly közeg fölületén verődnek vissza, mely-

ben az éternek nagyobb a sűrűsége, mint abban a közegben, melyben a sugarak tovaterjednek; a színgyűrűknél tehát a szóban forgó módosulást a vékony levegőréteg alsó lapja idézi elő, a hol ugyanis a levegőben terjedő fény az üveg fölületéről verődik vissza. De hát honnét tudta Young, hogy az éter az üvegben sűrűbb, mint a levegőben? Young a fény terjedését a hangéhoz hasonlította, már pedig a hang sebessége fordított viszonyban van a közeg sűrűségének négyzetgyökeivel, tehát a fény terjedési sebessége is annál kisebb, mennél nagyobb az éter sűrűsége. Mivel pedig Huyghens hullámelméletéből következik, hogy valamely közeg annál erősebben törí a fényt, mennél lassabban terjed ez amabban, nyilvánvaló, hogy az üvegben, mint az erősebben törő közegben az éter sűrűsége nagyobb mint a levegőben.

Young-nek ezt az elméleti indokolását az át-eresztett fényben mutatkozó gyűrűk hathatósan támogatták. Itt a levegőrétegen egyenest átmenő sugarak olyanokkal találkoznak, melyek az üveg

fölületén kétszer verődtek vissza, tehát rezgéseik sebessége az egymásutáni két visszaverődés által tulajdonképpen nem változott. Ez pedig az eredményre nézve ugyanannyit tesz, mintha az útkülönbség egy egész hullámhosszal rövidült volna, a mi az interferencia föltételén mit sem változtat.

Hogy a segítő hipothézis jogosultságát még inkább kitűntesse, Young egy igen elmés kísérletet gondolt ki. A visszavert fényben mutatkozó színgyűrűk előállítására egy flintüveg-lapra egy crownüveg-lencsét, a két üveg közé pedig szasszafraszbalzsamot tett. Ekkor a középpontban világos gyűrű keletkezett, mert a balzsam a crownüvegnél optikailag sűrűbb közeg lévén, nemcsak az alsó, hanem a felső visszaverődés is jelváltozással ment végbe.

Már Euler állította, hogy a fényrezgések ideje annál nagyobb, mennél gyengébben töretik a fény. Ezt a nézetet, melyet Euler később vissza-

vont, az interferenciák elve közvetetlenül meg-  
erősítette.

Young látván, hogy a középponttól számított első ibolyagyűrűnek átmérője kisebb, mint az első vörös gyűrűé, azonnal következtette, hogy a kék sugarak hullámhossza a legrövidebb, a vöröseké pedig a legnagyobb. Young megmérte a különböző színű gyűrűknek megfelelő lemezvastagságokat s ezekből a hullámhosszak számbeli értékeit is meghatározta. Végre avval a föltétellel, hogy a különböző színű sugarak a levegőben ép oly sebesen haladnak, mint az űrben, a hullámhosszakból kiszámította a rezgési időket.

Mindezekből kitűnik, hogy Young a színgyűrűk tüneményét az interferenciák elvének támogatására teljesen kizsákmányolta s ez által a hullámelmélet fejlődésére rendkívüli befolyást gyakorolt. Azonban Young figyelme kiterjedt a többi interferencia-tüneményre is. így az egymáshoz igen kicsiny szög alatt hajló vastag lemezek szintüneményeit, melyek föltalálását Newton-nak

tulajdonítják, úgyszintén a kevert lemezek színeit, melyek akkor állanak elő, ha az üveglap és a lencse közé két össze nem keverődő folyadékot teszünk, szintén az interferenciák elvével magyarázta. Végre kiegészítette a szivárvány elméletét. Az első szivárványon belül és a második szivárványon kívül mutatkozó fényíveket az interferenciának tulajdonította. Young szerint ama fénysugarak, melyek a szivárványt előidéző sugarak fölött vagy alatt haladnak a vízcseppben, ebből megközelítőleg párhuzamosan lépnek ki s mivel különböző hosszúságú úton haladtak, interferenciát eredményeznek.

Ennyi érdelemmel szemben szívesen elnézzük a hézagokat, melyeket Young a fény hullámelméletében kitöltetlenül hagyott. Míg némely részeken, mint például a színgyűrűk elméletében, a dolgok legutolsó szálait is kifürkészte, addig más részeken a hullámelmélet következményeivel kevesebbet törődött s megelégedett általános megjegyzésekkel, melyek gyakran többrendbeli hibával voltak terhelve. Mindamellett, hogy az



interferenciák elvének fölállítása által a hullámok egymásutániságát figyelembe vette, a visszaverődésnek és törésnek Huyghens-féle elméletén mit sem változtatott s csak annyit tett hozzá, hogy a burkoló hullámon a rezgések meg egyezők, holott minden más fölületen, melyre a sugarak különböző idők alatt érkezek, a rezgések meg nem egyezők. A diffrakció tüneményeit is csak annyiban magyarázta helyesen, a mennyiben a csíkok keletkezését az interferenciának tulajdonította; hogy aztán miért keletkeznek csíkok az árnyék belsejében, e kérdésre, mint már említettük, a Newton-féle inflexió hipotézissel felelt; az árnyékon kívül mutatkozó csíkokat pedig a direkt és a test széle által visszavert sugarak interferenciájának tulajdonította, de elmulasztotta, hogy e nézetet kísérleti úton igazolja. Végre még szemére lehetne vetni, hogy nem ragaszkodott oly szilárdan a hullámelmülethez, mint ezt az optikának egyik reformátorától elvárhatnók. Így például azt jegyezte meg, hogy az interferencia-tüneményeket az emisszió-elmüllelel kima-

gyarázni nem épen lehetetlenség; mert ha fölteszszük, hogy az egyes sugarakon levő fény-molekulák egymástól egyenlő távolságokban vannak, tehát a látóideget egyenlő időközökben ütik meg; továbbá ha fölteszszük, hogy mindegyik fénymolekula hatása egyenlő és ellenkező reakciót szül, akkor Young szerint két fénysugár összhangzó vagy széthangzó lehet, azaz egymást erősítheti vagy gyöngítheti. Nyilván való, hogy ez az elmélkedés nem egyéb, mint a hullámelmélet szellemében fogalmazott interferenciák elvének subjektivizálása, s értékét azonnal elveszíté, a mint Arago bebizonyította, hogy a fény interferenciája egészen objektív tünemény. Midőn Malus a visszaverődés és törés okozta polározódást föltalálta, Young ismét egy kevésbé ingadozott s az emisszió-elmélet hívei nem is mulasztották el, hogy e körülményt a saját javukra kiaknázzák. Azonban Young munkái e gyengeségek daczára is rendkívüli haladást jeleznek, a mi kitűnik abból, hogy a későbbi vizsgálatok kiinduló pontjai valának. Még a híres Fresnel is

Young nyomdokain járt eleintén a diffrakció elméletében. Az interferenciák elvének termékenységége csak akkor tűnt föl egész terjedelmében, midőn a visszaverődés és törés okozta polározódás tűneményeinek föltalálása által a fizikai optikának egészen új mezeje nyílt. Nem fogjuk elmulasztani, hogy alkalmas helyeken Youngnek a tűnemények eme csoportjával szemben elfoglalt álláspontját, nevezetesen a transversális hullámok elvére vonatkozó nézeteit előterjesszük.

III. Young különböző művei. - Orvosi pályája és hivatalai. - Jelleme. - Halála.

Young az interferenciák elvének föllállítása által úttörő szellemnek bizonyult be. Azonban nemcsak az optikában, hanem más tudományokban is annyi eredetiséget és oly sokoldalú ismereteket árult el, hogy méltán elcsodálkozhatunk, ha látjuk, hogy az emberi ismereteknek alig van ága, melyben éles elméjét próbakőre nem tette volna. Nem lehet czélunk, hogy Young különféle

műveit elemezzük, legyen elég, ha fölemlítjük, hogy a matematikát az epiczikloisos görbék elméletével gazdagította; hogy az asztronómia számos problémájával, mint a hold atmoszférájával, a hold- és napfogyatkozással, a gravitáció okai-  
val, a föld sűrűségével, az asztronómiai sugártöréssel, az ár- és apálylyal stb. foglalkozott; hogy a legfontosabb technikai kérdéseket, mint például a hidak szilárdságát, a vasgyárak berendezését, a gépalkotórészek súrlódását, a sorhajók megerősítését stb. vizsgálatai körébe vonta; hogy számos értekezést írt a botanika és zoológia köréből; hogy grammatikai és archaeológiai kérdéseket vitatott; hogy a zenéről és a műfestésről alapos tanulmányokat írt. Arago szerint az ember Young munkáinak csak a címeit hallva, azt hihetné, hogy nem egy ember, hogy többrendbeli akadémia-  
nának munkáiról van szó.

Young még oly téren is működött, melyen az orvosokat vajmi ritkán látjuk: Young az egyiptomi hieroglifák megfejtésével is foglalkozott. Az ó-kori írók több megjegyzéséből kitűnik, hogy az

egyiptomiak legalább is kétféle típust (a szent vagy az egyiptomi hieroglifásat és a népies vagy demotikusat) használtak. E kétféle írásmód közül az egyik szimbolumos volt; Horapollon némely szimbolumnak az értelmét is följegyezte. A szimbolumok teljes megfejtése majdnem lehetetlennek látszott, midőn 1799-ben Boussard francia genie-tiszt Rosette mellett egy ásatás alkalmával egy nagy követ talált, a melyen ugyanaz a fölirat görög nyelven, hieroglifás szimbolumokban és az egyiptomi népies nyelven volt bevésve. Midőn a francziák Egyiptomot odahagyták, a kő az angolok birtokába, a Brit Muzeumba került. A népies típusok 1802-ben Sylvestre de Sacy és mások összhangzó vizsgálatai által megfejtettek ugyan s csak a hieroglifás jelek megfejtése maradt hátra. Young a föladatnak evvel a legnehezebb részével foglalkozott; vizsgálatainak eredményeit Arago a következő három pontban foglalja össze: Young először is fölfedezte, hogy az ellipszises vonalba kerített jelek a görög fölirat tulajdonneveinek felelnek meg, másodszor, hogy

ilyenkor a kerítésben levő egyes jelek betűket jelentenek; harmadszor, kijelölte az egyes hieroglifáknak megfelelő betűket; ez utóbbi fölfedezésre őt a kövön levő "Ptolemaeus" s egy másik emléken levő "Berenice" szavak elemzése vezette. Azonban az első két pontban Young-öt már megelőzték, főérdeme tehát a harmadik pontban, azaz egy alfabét-töredéknek összeállításában áll. De ez a töredék is sok tekintetben hiányos és zavaros; néha a jeleknek csak egyes betűket, máskor már egész szótagokat tulajdonít, minélfogva Young rendszerét az említettük két tulajdonnéven kívül más szavak olvasására nem igen lehet alkalmazni. Young e harmadik pontban Jean François Champollion-ban hatalmas vetélytársra talált; Champollion föllállított egy következetes alfabétes rendszert, mely szerint több szó, melyeket Young egészen félreismert, megfejthetővé lett. Nem föladatunk, hogy a Young és ellenfelei közötti vitát csak nagyjában is előtüntessük; az eredmény az, hogy Young, mindamellettt hogy a hieroglifák kérdését, a mennyiben ennek megfej-

tése egyáltalában szóba jöhetett, nem fejtette ugyan meg, de sok fölvilágosító észrevétel által nagy mértékben tisztázta.

Young-öt e vizsgálatok a polémia terére vitték, de itt is, valamint többi nagyszámú recenziójánál, mindig megtartotta az igazán tudományos polémia hangját, bár szükség esetén nem mulasztotta el, hogy heveségeket hasonlóval toroljon vissza.

Young irodalmi működésének jelentékeny részét képviseli meg az a 63 cikk, melyekkel az *Encyclopaedia Britannica supplementumát* gazdagította.

Ha e biográfiában Young életének s tevékenységének irányzatát választott hivatása szempontjából kellett volna előterjesztenünk, akkor Young-ről mint orvostól kellett volna először szólnunk. Két évvel doktorrá avatása után nagybátyjának, Brocklesby-nek vagyonát örökölvén, mint tudományokkal foglalkozó magánzó Cambridgeben és Bristol-ban tartózkodott. Az orvosi praxist 1800-ban kezdé meg Londonban, s azt még ak-

kor sem szakította félbe, midőn 1801-ben a Royal Institution-en a fizika tanárává lett, mely hivataláról azonban már 3 év múlva lemondott. 1809-től kezdve 2 éven át a Middlessex-kórháznál mint előadó (lector), 1811-től kezdve egészen haláláig a St. Georges-kórháznál mint orvos működött. Látjuk tehát, hogy rendkívül sokoldalú tudományos tevékenysége mellett választott hivatásához nem lett hűtelen. Különben praxisa nem volt valami kiterjedt, minek oka az angol viszonyokban keresendő, mert Angolországban csak az az orvos örvendhet a közönség állandó bizalmának, ki az orvosi tudománytól távol eső szakokkal nem foglalkozik. Az előítélet ellen Young egy ideig úgy védelmezte magát, hogy iratait álnév alatt tette közzé. Mivel azonban ismerősei körében munkássága gyümölcseit nem igen rejtegette, csakhamar köztudomásúvá lett mindaz, mit különben Young maga sem akart állandó titok leplébe burkolni. Egyébiránt köztudomású volt, hogy Young a Royal Institution-en a fizikát adja elő; hogy Humphry Davy-vel tudo-



mányos folyóiratot ad ki; hogy az orvosi szakokból tartott előadásaiban legkevésbé sem titkolta, hogy az orvos nagyon sok esetben csak szerencsét próbálgat. Ehhez járult még a betegekkel szemben tanúsított tartózkodó magaviselete. Sokoldalú ismereteinél fogva a gyógyítás folyamában minden eshetőséget a számítás körébe akarván vonni, eljárása mindig határozatlanságot árult el, mit a közönség az orvossal szemben mindig a rosszabb oldaláról fog föl. A tétovázás még orvosi munkáiban is kitűnt. Ha már most mindezeket az itt felsorolt körülményeket figyelembe vesszük, érthetővé válik, hogy e lángeszű férfiú épen választott hivatása terén aránylag a legkevesebb külső sikert mutatta föl.

1818-ban Young a Board of Longitude titkárává neveztetvén ki, az orvosi praxissal egészen fölhagyott. Ezentúl mint a Journal of the Royal Institution munkatársa és mint a Nautical Almanac szerkesztője első sorban asztronómiai kérdésekkel foglalkozott. Ezen időtájban írta a Laplace főmunkáját értelmező híres művét: Elementary

illustration of the celestial mechanics of Laplace, Lond. 1821. Titkári hivatala a Board of Longitude-ban, mellőzött egyének személyes támadásai miatt, igen sok keserűséget okozott neki. Tudományos pályáját még egyéb kellemetlenségek is megnehezítették. Említettük, hogy, midőn az interferenciák elvét előterjesztette, különös gondot fordított arra, hogy a newtoni tekintélylyel a mennyire csak lehet összeütközésbe ne jöjjön. De Young tanának következményei sokkal világosabbak valának, semhogy a newtonisták az emisszióelmélet bukását előre nem gyaníthatták volna. A híres lord Brougham, az Edinburgh Review egyik munkatársa, Newton iránti bámulatában hivatva érezte magát, hogy az új tan hirdetőjét, mint matematikust és experimentátort egyaránt hevesen megtámadja. A közönségnek nagyon tetszett ez a szenvedélyes hang, hiszen arról volt szó, hogy egy évszázados tekintélynek s a nemzet büszkeségének megtámadója útasíttassék rendre! Young-öt ez a támadás nagyon bántotta s a Review-ban közzétett megjegyzései

világosan mutatták, hogy elvei igazsága iránti meggyőződését a közönség részrehajló magatartása mélyen sérti.

A Young érdemei iránt való méltó elismerésnek nyílt hangoztatása még sem maradt el: nem Angolországnak, hanem Francziaországnak fizikusai valának azok, kik az angol közönség visszautasító magatartását a kiváló tudós iránt való elismerésükkel kompenzálták.

Ha végig tekintünk Young tudományos tevékenységén, könnyen arra a téves gondolatra jöhetnénk, hogy a kiváló tudós összes idejét dolgozó szobájában visszavonulva töltötte. Pedig Young nemcsak hogy a társas élettől vissza nem vonult, hanem ellenkezőleg, igen gyakran megfordult a londoni legelőkelőbb társaságokban, melyekben szellemes és előkelő modorú társalgása, valamint sokoldalú ismeretei miatt mindenkor nagyon kedvelt egyén volt. E mellett idejét a művészeteknek szentelte. A műfestést Németországban, különösen pedig a drezdai képtárban tanul-

mányozta; ismerte a híresebb művészek kiváló tulajdonságait és hibáit, műveikben nyilatkozó fejlődési fokozatot, modorukban beálló változásokat stb. Míg a műfestés terén csak az elemes műértőnek fokára emelkedett, addig a zenével közvetlenül is foglalkozott s a divatozó hangszerek mindegyikén ügyesen játszott. A zene elméletét már korán elsajátította s az e tárgyra vonatkozó értekezései azt mutatják, hogy itt is ép oly mélyen hatolt a dolog szellemébe, mint a tudományos kérdések megvitatásánál. Sokoldalúságánál csak alapossága volt nagyobb, s az alaposságban néha a túlságig ment, miről az a körülmény tanúskodik, hogy midőn Edinburgban először vett tánczórát, a lecke után a padlóra vonalzóval és körzővel külön féle görbe vonalakat rajzolt, hogy kikeresse a tánczoló párok által végrehajtandó legalkalmasabb fordulatokat.

Young, mint említettük, a quäkerek felekezetéhez tartozott, s bár később e felekezet elveihez már nem ragaszkodott, némely sajátosságától még sem szabadúlhatott meg. Így például állha-

tatosan vallotta azt az elvet, hogy minden ember ugyanazt tehette volna, a mit bármely más ember tett, mely elve valószínűleg abból a quäkeres fölfogásból fejlődött, mely szerint a gyermekek szellemi képessége eredetileg majdnem egyenlő s csak a nevelés és fejlődés módozatai folytán nyer sajátos irányzatot. Amaz elv alapján elhitette magával, hogy mindarra, mit más emberek tesznek, ő is képes, s végtére is meg kellett győződnie amaz elv helyes voltáról, mert, ha elhatározta magát, hogy a mások képességeit elsajátítja, addig nem nyugodott, míg célját el nem érte. Midőn egyízben Barclay unokájának társágában lovagolt, a lovász egy korláton átugratott; Young azonnal ugyanezt akarta tenni. Az első kísérlet után lováról lebukott; erre újra fölült s újra lebukott, míg végre a harmadik kísérlet sikerült. Edinburgban a kötél tán czolásban képezte ki magát; Göttingában pedig a műlovaglásban, miután erre provokáltatott, annyira vitte, hogy egyszerre két ló hátán állva lovagolt, tehát önmagán

igazolta azt a tételt, mely szerint a kellő körülmények között ugyanaz az ember mindenre képes.

Hogy Young neje volt Angolországban az első személy, ki az interferenciák elvét kellőképen méltányolta, ez kitűnik az Arago által elbeszéli következő anekdotából.

1816-ban, mondja Arago, tudós barátommal, Gay-Lussac-kal, Angolországba útaztam. Fresnel éppen akkor a diffrakciónál írt értekezésével tudományos pályafutását a legfényesebben kezdte meg. Természetes, hogy ez az értekezés, mely a mi nézetünk szerint olyan alapkísérletet tartalmazott, melylyel szemben Newton fényelmélete többé meg nem állhat, a Young-gel való társalgásunk első tárgya volt. Nagyon csodálkoztunk a sok kifogás fölött, melyekkel dicséretünket korlátozta, míg végre kijelenté, hogy azt a kísérletet, melylyel mi oly nagyra vagyunk, ő már az 1807-iki Natural Philosophy-jében leírta. Ezt az állítást nem találtuk eléggé alaposnak s fölötte hosszas és körülményes vita keletkezett. Young neje

is jelen volt, s úgy látszott, hogy a vita iránt közönyös maradt; de mivel tudtuk, hogy az angol nők a tudákos nő czímétől igazi gyermekes félelemmel rettegnek, s ennélfogva az idegenek előtt nagyon tartózkodóak: udvariatlanságunkat csak akkor vettük észre, midőn Young neje hirtelen távozott. Épen azon voltunk, hogy férje előtt bocsánatot kérjünk, midőn őt, hóna alatt egy hatalmas quart-kötettel visszatérni láttuk. Ez a Natural Philosophy első kötete volt, melyet az asztalra tett, a 787-ik oldalt fölütötte, s az újjával egy figurára mutatott, a melyben a diffrakció-csíkok görbevonalú menete elméletileg meg volt állapítva."

Young a Royal Societynek tagja s 1802 óta e társaság külső ügyeinek titkára volt; 1827-ben a francia Institut külső tagjává választatott.

Young-öt sem tudásának rendkívüli terjedelme, sem a kitüntetések elbizakodottá soha sem tették. Barátai tanúsága szerint gyakran élt emeszlással: "Mikor gyermek voltam, férfiúnak

képzelttem magamat; most hogy férfiú vagyok, látom, hogy bizony csak gyermek vagyok."

Young kedélyét 1827 óta testi szenvedések egészen megtörték. 1828-ban egészségének helyreállítása végett Genfbe utazott, azonban a várt jó eredmény elmaradt; a következő évben visszatért Angolországba. Young rendkívüli léleknyugalommal nézett elkerülhetetlen sorsa elé. Meghalt 1829 máj. 10-kén, 50 éves korában. Még halálos ágyán is egyiptomi szótárával foglalkozott; e mű épén akkor volt a sajtó alatt.

Young halála Angolországban különös részvétet nem keltett. A nemzet legjelesebb fiainak egyike, ki persze nem volt baronet, a Westminster dicsőségében nem részesülhetett. Hamvai neje családi sírboltjában, Farnborough falu mellett nyugsznak.

Young vegyes műveit G. Peacock adta ki: *Miscellaneous Works of the late Th. Young*, London 1855, 3 köt. 8o.



# MALUS

## I. Malus ifjúsága. - Katonai pályafutása.

Etienne Louis Malus 1775 jul. 23-kán Párisban született; atyja Francziaország kincstárnoka volt. Az ó-klasszikai irodalom már kora ifjúsága óta kedves tanulmánya volt; még élte alkonyán is Homér, Anakreon, Horatius és Virgilius munkáiból hosszú helyeket tudott idézni. Mondják, hogy minden tehetséges ember ifjú korában van bizonyos időszak, melyben, ha a múzsáknak tényleg nem áldoz is, legalább költői hajlamokkal van eltelve. Ha ezt a nézetet tapasztalati úton akarnók megerősíteni, Malus-t mint kiváló példát lehetne fölhozni, mert ifjúkori tehetségeit erejét túlhaladó költői produkciókra pazarolta. Arago a Malus ifjúkori iratai között egy *La fondation de la France* című eposzt s két ó-klasszikai tárgyú teljesen befejezett tragédiát talált. Azonban Malus-ból még sem lett költő; komoly szelleme mindinkább az exakt tudományok felé hajolt s 18 éves korában, sikeresen letett fölvételi vizsgálat

alapján, a mézières-i mérnöki iskolába vétetett föl; ugyanekkor a Bertrand osztályába hadnagynak osztatott be.

A mézières-i iskolában kitört rendetlenségek ez intézet bezárását vonták maguk után, minél-fogva Malus a parisi 15-dik zászlóaljba önkéntesnek lépett be s avval Dünkirchenbe ment, hol a tábor megerősítésében, talicskával s ásóval kezében, mint egyszerű munkás vett részt.

E tábori munkálatokat Lepère mérnök vezette. Egy ízben feltűnt neki, hogy a katonák egy része a földhordásnál s a feltöltésnél sajátyszerű, de igen czélszerű eljárást követ. Ez eljárás szellemi szerzője után kérdezősködvén, a párisi önkéntest mutatták be neki. Lepère azonnal átlátta, hogy itt nem közönséges emberrel van dolga s az ifjú Malus-t az épen akkor alapított politechnikai iskolába küldötte.

Malus rövid idő alatt megnyerte e híres iskola alapítójának, Monge-nak barátságát, mely rá nézve kiváló haszonnal volt akkor, midőn a főnálló

kormány ellen megindult mozgalomban tényleges részt vevén, magát veszélyes eshetőségeknek tette ki. Miután a politechnikai iskolából kilépett, Metzbe ment, hol 1796 febr. 20-án a mérnöki iskolába hadnagynak vétetett föl. Ugyanezen év június havában genie-kapitánnyá neveztetett ki, a következő évben pedig a Sambre és Maasnál levő hadseregbe osztatott.

Malus-nak szokása volt, hogy a hadi eseményeket, melyekben közvetlen részt vett, vagy a melyeknek tanúja volt, naplójába röviden följegyezte. Malus katonai pályafutásának következő leírásában e naplónak Arago-tól közzétett főbb részei nyomán fogunk haladni.

Malus, miután a sambre-i hadsereg ütközeteiben vitézül részt vett, a hadi események folytán a Rajna jobb partjára vetődött; 11 hónapon át a giesseni helyőrségben állomásozott s épen midőn azon volt, hogy az ottani egyetem egyik tanárának, Koch-nak leányát nőül vegye, rendeletet kapott, hogy haladéktalanul Toulonba menjen s az

egyiptomi hadseregnek Caffarelli vezényelte bal-szárnyához csatlakozzék.

Malus Toulonba érkezte után azonnal tengerre szállott. 1798 jun. 10-én részt vett Malta ostromában, mely vár védői, "miután sok zajt, de kevés kárt csináltak", magukat megadták.

Máltai rövid tartózkodása után Desaix divízió-parancsnoknak hajójára szállott s jun. 21-kén Egyiptomba vitorlázott. Jul. 5-kén a hódító sereg előcsapatának mérnökkarába osztatott. A piramisok melletti ütközetben a jobb szárnyon Desaix tábornok oldala mellett vett részt. Jul. 22-kén Mekiasnál a Nilus jobb partját rekognoszálta. Augusztus 2-kán a Belbeys mellett táborozó Ibrahim bey ellen küldött hadtest előcsapatához csatlakozott. Később részt vett Regnier tábornok expedíciójában, a mely Salchieh-nek a tengertől való távolságát volt megállapítandó; visszatérése alkalmával Thamis romjait fődözte föl. Ez expedíciója közben értesült a francia hajóhadra nézve oly gyászos kimenetelű abukir-i ütközetéről.

Ez időtájban alapította Bonaparte az egyiptomi intézetet; Malus ez intézet első tagjainak egyike volt.

Malus parancsot kapott, hogy Desaix felső-egyiptomi seregéhez csatlakozzék. Innét Kairóba visszatérve, az e városban (októberben) kitört lázadás elnyomására hathatósan közreműködött. Egy sajátkezűleg elfogott inzurgensnél különféle tárgyakat talált, melyekben főnökének és barátjának, Caffarelli tábornoknak tulajdonára ismert. Malus a tábornokot meggyilkoltnak hitte s csak másnap értesült, hogy a tábornok elhagyta házát, még mielőtt a lázadók azt elpusztították volna.

A lázadás elnyomása után Malus Kairó mellett a Dupuis-erődöt építtette, s geográfiai és archeológiai fölfedezéseket tett. A hadi műveletekben beállott rövid szünetet a kairói kiválóbb épületek tanulmányozására fordította s Kleber kíséretében meglátogatta a gizeh-i piramisokat.

Malus élénk részt vett az egyiptomi hadjárat egyik nevezetes epizódjában, a Sziria elleni ex-

pediczióban. Miután részt vett El-Haris ostromában s a lakosságától odahagyott Gazzában a pestis veszedelmeit szerencsésen kikerülte, Jaffa ostromára került a sor. Itt Malus egy rendkívüli veszedelemnek majdnem áldozatul esett. A francia tüzérség az ostromütegeket a várfalakhoz nagyon közel állította föl, mely hibát a várőrség egy éji kirohanásra használta föl. Az ostromütegek mellett levő katonák mind levágattak; a törökök a katonák fejét a városba vitték, hol azokat arannyal fizették. Malus fejéből csak azért nem lett ilyen véres árúczikk, mert ő a legnagyobb csöndben véghez vitt kirohanás alkalmával az egyik sáncz zúgában aludt.

E véres esemény után a francziák rést lőttek s a várost rohammal bevették. Ez alkalommal Malus naplójába a következőket jegyezte: "Az ellenség halomra volt döntve s élénk puskatűz után ijedten vonult vissza a város házaiba és erősségeibe, de némely pontokon makacsúl tartotta magát s a tüzelést körülbelül egy óra hosszant folytatta. Ez idő alatt a minden irányban

szétszóródott katonák legyilkolták a nőket, férfiakat, gyermekeket, aggastyánokat, keresztényeket és törököket; mindaz, a minnek csak emberré ábrázata volt, dühök áldozatává lett.... Az öldöklés zaja, a bezúzott ajtók, a puskák tüze által megrendített házak, a nők sikoltása, egymásra dobott szülők és gyermekek, az anyjuk holttestére vetett meggyalázott leányok, az égő ruháikban megölt halottak füstje, a vér szaga, a sebesültek nyögése, a haldoklók zsákmánya fölött veszekező győzők ordítása, a dühöngő katonák, kik a kétségbeesés kiáltásaira a düh kiáltásaival feleltek, végre, vérrel és aranynyal jóllakott emberek, kik a fáradságtól a holttest-rakásokra buktak: ez volt a szerencsétlen város képe, melyet az éj beálltaig nyújtott."

E leírásból látszik, hogy Malus még a véresen kivívott győzelem zajában sem titkolta el utálatát a győzők embertelen magaviselete fölött; ez iszonyatosságok láttára a nemzeti érzület nem nyomta el a humanitás érzületét s épen a nemzeti be-

csület megmentése készítette őt, hogy magát a vérfürdő iszonyatosságainak kitegye.

Midőn a hadsereg, Akko-t ostromlandó, tovább vonúlt, Malus-nak Grézieux tábornokkal s csak 150 ép katonával a városban kellett maradnia. A városban 300 sebesült katona s 400 pestises beteg volt; az utóbbiak gondozása volt Malus főadata; tíz nap délelőttjét a betegek bűzös légkörében töltötte. A tizenegyedik napon önmagán is észrevette a járvány szimptómáit. Malus környezetéből már majdnem mindenki elhullott, midőn testén a pestis-fekélyek először kitörtek. Francisqui volt az egyedüli bajtárs, ki őt nem hagyta el; ennek adta át a tárgyakat, melyek által emlékét barátai és rokonai körében megakarta őrizni.

Akko ostroma nagyon hosszúra nyúlt; a betegek mindannyian Jaffába sereglettek. Ekkor már minden házban pestis volt; a kapuczinusok a klastromjuk körül vont kordon daczára mindannyian odavesztek, Malus e borzasztó körülmé-



nyek között ismerősök és barátok nélkül volt s francia szolgájával egyedül maradt, csakhogy ez is a járvány áldozatává lett. A pestis már egészen megtörte volt Malus erejét; a két sapeur, kik ápolására vállalkoztak, egymásután odaveszett. Malus menthetetlenül odaveszett volna, ha az Egyiptomba induló "Etoile" nevű hajó kapitánya őt a hajójára nem veszi. A kapitány a megérkezés napján Damiette-ben pestisben meghalt; de Malus-ra a tengeri levegő a legjobb hatással volt. Már az utazás első napján javulást érzett, s hat nap múlva, midőn hajója a Nilusba evezett, már majdnem teljesen fölépült. Azonban a veszteglés, melynek magát alá kellett vetnie, új veszélyekkel fenyegette. Malus-t a lesbiehi tábori kórházba vitték. E kórház meg volt tömve a Damiette-ből és Szíriából érkező betegekkel. A betegek a nyomorúlt bánásmód miatt majdnem mindannyian odavesztek. Malus borzasztó színekkel festi a betegápolók s a sírásók gyalázatos és embertelen magaviseletét. Egy egész hónapot kellett a hal-doklók körében töltenie, míg végre külön lakást

kapott, melyben annyira fölépült, hogy junius közepén szabadságát visszanyerte.

Miután a csaták és a döghalál veszedelmét egyelőre kiállotta, Malus a kapott parancs folytán Leclerc tábornokhoz csatlakozott. Állomása Cathieh-ben volt, s itt a kiállt bajok után egyideig kedvező viszonyok között élt. Az ellenségtől oly kevésbé háborítottatott, hogy elég ideje maradt egy optikai értekezés szerzésére. Csak egyszer volt egy kisebb összeütközése, midőn egyízben egy dromedáros csapattal kémszemlére indulván, ellenséges karavánra bukkant. Ezt szétugrasztotta s egy csapat tevét s jelentékeny mennyiségű muni-  
cziót ejtett zsákmányúl.

Malus Cathiehből Kairóba ment, hol becsületesen megérdemlett kitüntetés várt reá: 1799 okt. 21-kén megkapta a pátenst, melylyel zászlóaljparancsnok rangjára emeltetett.

Kairóban értésére esett Malus-nak, hogy egy török csapat Damiette-nél kikötött. Mire oda ért, az ellenség már elsánczolta magát. A következő

napon mint gyalogos csatlakozott a csapathoz, mely a törököket szuronynyal megtámadta s a tengerbe űzte.

Deczember 11-kén a megerősített Lesbieh parancsnokságát vette át. Két nap múlva a pestis hat házban tört ki, azonban Malus-nak, az e téren szerzett tapasztalatai segítségével, sikerült a baj tovaterjedését megakadályoznia.

A következő év február 17-kén az el-harisi konvenczió folytán helyét át kellett engednie a törököknek. Malus márcz. 14-kén érkezett meg Kairóba, hol pár nap múlva arról értesült, hogy lord Keith az el-harisi konvencziót megszegte s Desaix-t s az elindúlni készülő francziákat elfogta. Kleber, a főparancsnok, a mint a szerződés-szegésnek hírére vette, arra a merész tervre határozta el magát, hogy Egyiptomot újra meghódítja.

A heliopolisi fényes diadal (1800 márcz. 20.) volt ez elhatározásnak első következménye,

Malus, ki Friant tábornok divíziójába volt besorozva, személyesen vett részt e híres csatában.

A győzelem utáni napon reggeli 2 órakor Friant divíziója Belbeys felé vonult, hogy itt a török sereget megtámadja. A francia sereg a pusztában, Malus óvó figyelmeztetéseinek mellőzése miatt, eltévedt s előre helyett hátrafelé vonult. Malus-ra csak akkor hallgattak, midőn végre a sarkcsillag helyzetére utalva, a tévedést kézzelfoghatóvá tette. A késedelem folytán a Friant-ra várakozó többi divízió az ellenséget nem támadhatta meg.

Malus később Regnier tábornok divíziójában részt vett abban az expedícióban, mely több kemény ütközet után a törököket a pusztán túl űzte. Ezután visszatért Kairóba. A mamelukok, kik a heliopolisi csata után ide futottak, a várost fölláztatták. Malus, ki már annyi ostromban és ütközetben vett részt, most a barrikádok elleni harcot vezette. A fölkelés leverése után Gizehbe

ment, hol azt a szomorú hírt vette, hogy Kleber meggyilkoltatott (1800 jun. 14).

A hadsereg főparancsnokságát Menou tábornok vette át. Az új főparancsnok jellemzésére elegendők Malus eme szavai: "Kleber prairial 25-kén gyilkoltatott meg; néhány nap múlva Menou tábornok másodszor gyilkolta meg, mert a holt Kleber-nek becsületét támadta meg."

Miután Menou tábornok az ellenséges hadvezérekkel a konvencziót megkötötte, a francziáknak Egyiptomban már nem volt mit keresniök. Malus a "Castor" nevű angol transzporthajón Marseillebe vitorlázott. E pillanattól kezdve Malus katonai pályafutása már csendesebb volt s inkább tudományos mederben folyt. Hogy ezután csak a fizikussal kelljen foglalkoznunk, Malusnak további katonai működését a következőkben mondjuk el.

Malus, miután a marseilli veszteglő intézetből kiszabadult, Párisba, s innét szülei meglátogatására ment. A katona, kit a piramisok alatti, a jaf-

fai és a heliopolisi ütközetek heve szíve régi vonzalmától nem tántorított el, Giessen-be sietett, hol négy év óta nem látott menyasszonyát fölta-lálta és nőül vette. Állandó boldogság volt hűsé-ge jutalma.

Malus nősülése után két éven át Lille-ben, 1804-ben pedig Antwerpen-ben, az ottani hadi kikötő építésével volt elfoglalva. 1805-ben az északi hadsereghez osztatott be; a következő há-rom évben pedig mint a strassburgi erődítések al-igazgatója működött s újra fölépítette a kehli erősséget. Végre 1810-ben a műszaki csapatok-ban őrnagyi rangra emeltetett. Valamennyi kato-nai munkájában, melyeket az utolsó 9 év alatt végrehajtott, új eszméket pendített meg; tekinté-lye annyira emelkedett, hogy a főinspektorok a rájuk bízott kényesebb föladatokban Malus taná-csát gyakran kikérték.

II. Malus optikai munkái. - Polározódás a visz-szaverődés és egyszerű törés által.

Ha Malus dicsősége csupán csak katonai érdemeire szorítkoznék, akkor rettenthetetlen bátorsága, önfeláldozó hazaszeretete és a hazájának tett kitűnő szolgálatai daczára nevét előbb-utóbb homály burkolta volna. Katonai tevékenységének súlypontja abba az időbe esik, midőn Franciaországban ezrével termettek a csaták hősei, kik közül a közönséges mértéken fölül csak azok emelkedhettek, kiket a sors kiváló tehetséggel s kiváló szerencsével egyaránt megáldott. Malus is meg volt áldva mind a kettővel, azonban tudományos hajlamai oly irányba terelték, melyben, a nélkül hogy megszűnt volna jó katona lenni, a tudományok leghíresebb művelőinek rangjára emelkedett.

A forradalom szelleme nemcsak a politikai, hanem a tudományos téren is magas hullámokat vert. Hódításra induló seregek tudományos apparátussal látták el magukat, hogy a kiontott vér ne csak a gyakran hiú hadi dicsőséggel, hanem az emberi magasabb érdekek sugallta dicsőséggel is kárpótoltassék. A tudományos szellem magában

a francia hadseregben is kiváló képviselőkre talált: Malus-nak az előörsi szolgálat üres óráiban elég türelme és szellemi nyugalma volt, hogy egy optikai értekezést írjon.

Hogy Malus-nak az optikában elfoglalt tudományos álláspontja felől előre is tájékozva legyünk, előre kell bocsátanunk, hogy az emissziós elméletnek mindvégig híve volt. Ez elmélet szempontjából tárgyalta az egyiptomi Institut-nek szánt első értekezésében a fény szerkezetét. Be akarta bizonyítani, hogy a fény nem egyszerű test, hanem hóból és oxigénből valami sajátos módon van összetéve. E nézetét chemiai analógiákra alapította, s bár a czáfolat az optika jelenlegi állása mellett még csak szóba sem jöhet, Malus értekezése mégis több mint történelmi kuriózum. Így például egy fontos igazságnak volt nyomában, midőn azt állította, hogy a különböző színű sugarak csak a magukba zárt hőmennyiség nagysága által különböznek, hogy a vörös fény a legmelegebb, az ibolya pedig a leghidegebb. Malus ugyancsak Egyiptomban a meteorológiának egy



fontos kérdésével, a hőknek a különféle övek szerinti szétoszlódásával foglalkozott, de vizsgálatait nem fejezte be.

Ezután a geometriai optika terére lépett. 1807 ápr. 20-kán nyújtotta be az Institut-nek analízises optikáját. Malus oly kérdéseket fejtegetett, minőkkel ő előtte csak Tschirnhausen, De la Hire és Bernoulli János és Jakab foglalkoztak. Törekvése az volt, hogy levezesse a térben levő sugárrendszerek visszaverődésének és törésének törvényeit tetszés szerinti fölületek által határolt közegekre, és sikerült is a gyújtóvonalak elméletét általánosítania. A geometriai optikának az a tétele, mely jelenleg Malus nevét viseli, így hangzik: Az egy pontból kiinduló sugarak, miután tetszés szerinti fölületeken akárhányszor verettek vissza és különböző törékenységű s tetszésszerinti fölületek által határolt akárhány közegen mentek át, mindig függélyesek egy bizonyos fölületre. Malus-nál e tétel (számítási hibából) csak egyedüli törésre vagy visszaverődésre szorítkozott; a

tétel föntebbi általánosítása s általában Malus számításainak egyszerűsítése Gergonne-tól ered.

Malus munkájának megbíráásával Laplace, Lagrange, Monge és Lacroix bízáttak meg. A bírálat eredménye az volt, hogy az akadémia, teljes elismerése jeléül, elhatározta, hogy Malus dolgozata a Recueil des Savans étrangers-ben kinyomassék.

Huyghens a mézspáton föltalálta a kettős törés törvényeit és a polározódást. Ez utóbbit az akkori hullámmeléttel még nem magyarázhatta meg, minél fogva Newton jónak látta, hogy még a kettős törésnek Huyghens-féle törvényei helyébe is más törvényeket állítson. A jelen század elejéig senki sem bolygatta a kettős törés problémáját. Wollaston volt az első, ki Huyghens törvényeit kísérleti úton bizonyítgatta, de úgy látszik, hogy a francia akadémia e bizonyítékokat nem találta elegendőknek, mert 1808 jan. 4-kén pályadíjat tűzött ki a következő kérdésre: Föllállítandó a kettős törésnek a tapasztalással megegyező ma-

thematikai elmélete. A pályázat határideje 1810-ben járt le.

Malus a kérdés kihirdetése után azonnal a munkához fogott. Vizsgálatai közben oly nevezetes és váratlan eredményekre bukkant, hogy a prioritás elvesztése fölötti aggodalmában munkájának leglényegesebb részeit 1808 decz. 12-kén az akadémiával közölte. Malus értekezése, mely "Az átlátszó testek által visszavert fény egyik tulajdonságáról" címet viselt, megbírálás végett Lagrange, Haüy, Biot és Gay-Lussac-nak adatott ki, s róla jelentést Laplace tett.

E híres értekezésben írta le Malus legszebb találmányát, a visszaverődés előidézte polározódást. Minthogy e nevezetes tüneményre a kettőtörésre vonatkozó vizsgálatai által vezetett, először az utóbbiakról fogunk szólni.

Huyghens azt tapasztalta, hogy a mészpát egy természetes fénysugarat egyenlő intenzitású két sugárra oszt, továbbá hogy ha ez a két sugár egy második mészpáton vezettetik át, rendes, illetve

rendkívüli természetét megtartja vagy ellenkezőre változtatja a szerint, a mint a kristályok főmetszetei egymással párhuzamosak, illetve egymásra függélyesek. Minden közbeeső helyzetben a két sugár mindegyike ismét két sugárra oszlik; az utóbbiak intenzitásai egymástól nagyon különböznek, kivéve azt az esetet, midőn a főmetszettek  $45^\circ$  szög alatt hajolnak egymáshoz.

Ezek valának a polározódásnak Malus idejéig ismert tünetei. Míg a természetes fény, mely az első mészpátra esik, mindig két egyenlő intenzitású sugárra oszlik, tehát mindenféle irányban ugyanavval a tulajdonsággal bír, addig ama két sugár már nem minden körülmény között oszlik ismét két sugárra, tehát különböző irányok szerint különböző tulajdonságokkal bír, azaz polározva van. A sugarak eme megjelölési módjának eredete az emissziós elméletben van. Malus föltette, hogy a természetes fényben a molekulák minden tetszés szerinti irányban, de a polározott fényben csak egy bizonyos irányban helyezkedhetnek el. Valamint a mágnesezésnél az egyes

mágneses molekulák pólusai, melyek azelőtt mindenféle helyzetet foglaltak el, ugyanabba az irányba helyezkednek, úgy a kettős törésnél a fénymolekulák pólusai is bizonyos állandó irányokba helyezkednek.

A polározódás helyes fölismerésére e fölfogásnál nagyobb haszonnal voltak Malus ama törvényei, melyeket a sugarak intenzitására vonatkozólag állított föl. Malus először is fotométeres direkt kísérletekkel kimutatta, hogy a természetes fény a kettős törés által valóban egyenlő intenzitású két nyalábra oszlik. Másodszor pedig a polározott sugaraknak kettős törése által keletkezett képek intenzitásai között nagyon egyszerű összefüggést talált: a rendkívülileg törött sugár intenzitása egyenlő a beeső sugár intenzitásával szorozva a főmetszetek képezte szög cosinusának négyzetével, ellenben a rendesen törött sugár intenzitása egyenlő a beesőével, szorozva a mondott szög sinusának négyzetével. Malus-nak e törvényei világosan mutatták, hogy a polározódás által a beeső fénynek legkisebb része sem

enyészik el, hanem csak különböző irányokban különböző tulajdonságokkal bíró nyalábokra oszlik.

A nélkül hogy e törvények fontosságát, mely különösen a rezgés-összetételnek Fresnel-féle koncepcziójára gyakorolt befolyásban nyilvánult, kétségbe vonni akarnók, bátran mondhatjuk, hogy a fényelmélet fejlődésére aligha lettek volna valami különös befolyással, ha Malus be nem bizonyítja, hogy a polározódás tünetényei a kettős törésen kívül még más úton is előállíthatók. Malus egy ízben a Rue d'Enfer-ben levő lakásából a Luxembourg-palota ablakai által visszavert sugarakat egy mészpát-kristálylyal vizsgálgatván, azt vette észre, hogy e sugarak mindazokkal a tulajdonságokkal bírnak, melyeket eddig csak a mészpáton áthaladt sugarakon vett észre. Ugyanis, midőn az ablaktól jövő sugarak a mészpáton átmentek, különböző intenzitású két nyalábra osztak. Az intenzitások szoros összefüggésben valának a visszaverődés síkja és a kristály főmetszete által bezárt szöggel; ha a főmetszet síkja a

visszaverődés síkjával összeesett, akkor a mészpátból csak a rendes sugár lépett ki; midőn ezután Malus a kristályt forgatta, a rendkívüli sugár is előtűnt s intenzitása folyton növekedett, ellenben a rendes sugár intenzitása folyton csökkent, s midőn a főmetszet a visszaverődés síkjára függőlegesen állott, csakis a rendkívüli sugarat látta. Malus ez észleletből azonnal fölismerte, hogy a visszavert sugarak épen úgy viselik magukat, mint a mészpáton áthaladt rendes sugarak, de eleintén azt hitte, hogy a visszaverődés okozta polározódás, mert ez volt a fölfedezett tűnemény, az atmoszférának a napsugarakra gyakorolt hatásából ered, minélfogva, midőn az est beállott, a kísérletet gyertyafénynyel ismételte. Midőn a gyertya fénye  $36^\circ$  szög alatt vízre vagy  $35^\circ$  szög alatt üvegtűkörre esett, ugyanazokat a tűneményeket észlelte s evvel ki volt mutatva, hogy az átlátszó testek okozta visszaverődés, ez a mindennapi tűnemény, ugyanazokat a hatásokat szüli, mint a kettős törés.

Malus ezután azokat a sugarakat verette vissza, melyek kettős törés által már polározva voltak. A visszaverő fölületre egyidejűleg egy rendes és egy rendkívüli sugarat ejtett s ekkor azt tapasztalta, hogy a főmetszet és a visszaverődés síkjának egy bizonyos állásánál a rendes sugár részben visszaveretik ugyan, de ugyanekkor a rendkívüli sugár nem veretik vissza; hanem vízen vagy üvegen átmegy; ellenben a két sík egy másik helyzeténél a rendkívüli sugár veretik vissza és a rendes sugár megy át. Evvel Malus egyszerű módot nyújtott a különböző értelemben polározott sugarak megkülönböztetésére.

Hasonló eljárást követett két tükörrel s kimutatta, hogy ha a visszaverődés polározta fényt egy második üvegfelülettel veretjük vissza, a kétszer visszavert sugár intenzitásában ép oly változások fordulnak elő, mint a minők a mészpáton átmenő s ezután visszavert fénynek rendes nyáláján észlelhetők.



Malus később kimutatta, hogy nem csupán a víz és üveg, hanem valamennyi átlátszó anyag módosítja a fényt a visszaverődésnél s hogy a sugaraknak a különböző anyagokra más-más szög alatt kell beesniök, hogy teljesen polározva legyenek. Malus ezt a szöget a polározódás szögének nevezte s mint már említettük, a víznél  $36^\circ$ , s az üvegnél  $35^\circ$ -nak találta. Ha a sugarak a polározódás szögénél nagyobb vagy kisebb hajlással esnek a visszaverő fölületre, akkor a visszavert sugarak csak részben polároztatnak, azaz a természetes fény tulajdonságaival is bírnak, a mennyiben a mézspátban mindig két nyalábra oszlanak, de a polározott fény tulajdonságaival is bírnak, a mennyiben a két nyalábnak a főmetszet és a visszaverődés síkja által képezett szöggel változó intenzitása van. Malus azon volt, hogy a polározódás szöge s az illető anyagnak optikai egyéb tulajdonságai között bizonyos összefüggést találjon föl, de e föladat megfejtése Brewster-nek volt föntartva.

Malus figyelme nemcsak az átlátszó, hanem az átlátszatlan testekre, nevezetesen a fémekre is kiterjedt s azt tapasztalta, hogy a fémek a rájuk eső fényt másképp módosítják, mint az átlátszó testek. Ide vonatkozó első kísérleteiből azt következtette, hogy a fény a fémek által nem is polározható, de később, midőn a részletes polározódással tüzetesebben megismerkedett, e nézetét megváltoztatta.

1809 végén Malus addigi találmányait egy újabb észlelettel gazdagította s ez által a polározódás általánosságát bizonyította be. Ugyanis az egyszerűen törött fényt megvizsgálván, azt tapasztalta, hogy a sugarak kellő hajlása mellett részben ez is polározva van és hogy e fény ismételt törés által teljesen polározható. Malus, hogy a fényt teljesen polározza, vékony üveglapokból összeállított oszlopon vezette át. Továbbá nem került ki figyelmét, hogy az egyszerű törés polározta fény az ugyanazon körülmények között a visszaverődés által polározottal ellenkező tulajdonságokkal bír, azaz, ha ez az utóbbi a mészpát-

ból kilépő rendes sugárhoz hasonlít, akkor az előbbeninek tulajdonságai a mézspátból kilépő rendkívüli sugáréival egyeznek meg.

Malus az imént előterjesztett találmányaival és vizsgálataival két nagyszerű eredménynek vetette alapkövét. Az első, a közvetetlen eredmény az volt, hogy a fizikusok a polározódásnak Huyghens óta mellőzött tünetényeit kiterjedt vizsgálatok tárgyává tették s ez által az optikai tünetények csoportját rendkívüli terjedelművé tették. A második, az elsőből folyó közvetett eredmény, mely elméleti jelentőségével az újabb fizikát a legszebb vívmányokkal volt gyarapítandó, a szintén Huyghens óta elfeledett hullámelméletnek teljes kifejlődése volt. Malus tehát oly eredményt készített elő, melyet tudományos meggyőződése miatt legkevésbé sem pártolt. Malus az emissziós elméletnek mindvégig rendületlen híve maradt az új tünetényekben, melyek épen e kedves elméletének megdöntését eredményezték, nézeteinek megerősítését látta. Mint a fényelmélet történetében sajátságos körülményt kell még föl-

említenünk, hogy éppen a hullámelmélet megújítója, a híres Young, Malus-t nemcsak hogy nem tántorította meg, hanem nézeteit még inkább megerősítette. Young 1811 márcz. 22-kén levelet írt Malus-nak, a melyben értesíté, hogy a Royal Society őt a Rumford-éremmel tüntette ki. E levélben a következő hely fordul elő: "Az ön kísérletei az általam föllállított elméletnek (t. i. az interferenciák elméletének) hiányosságáról tanúskodnak ugyan, de helytelenségét nem bizonyítják be." Ez a hely Malus-nak nagy örömet szerzett, s mindig különös nyomatékkal említette azok előtt, kik őt a hullámelmélet elfogulatlan megbírálására akarták késztetni. "Azt nem vette észre, mondja Arago, hogy Young, midőn 1811-ben elméletének hiányosságát elismerte, elég óvatos volt, hogy hozzá tegye, hogy akkoráig, még a polározódás föltalálása után sem, semmi sem bizonyította annak helytelenségét."

Különben Young nagyon óvatosan fogadta az új dolgokat, s az említettük levélben különösen megkérte Malus-t, hogy alaposan győződjék meg

arról, vajjon az első tükörtől polározott fény valóban nem veretik-e vissza a bizonyos irányban fölállított második tükörtől.

Miután Malus a visszaverődés okozta polározódás törvényeit az akadémiával előzetesen megismertette, benyújtotta a kettős törés elméletét, melyre a kitűzött díjat 1810-ben el is nyerte.

Az eddig mondottakhoz teljesség kedvéért még hozzá kell tennünk, hogy midőn Arago a polározott fény interferenciájában a kettős törés fölismerésére új módszert talált föl, Malus figyelve a vizsgálatok eme csoportjára is kiterjedt. Végre a Wollaston-féle goniométeren lényeges javítást vitt végbe, mert úgy rendezte be, hogy ismételt leolvasások által az egymásra következő észleleteknek s a körbeosztásnak hibája kiküszöbölhető volt.

III. Malus kitüntetései. - Halála. - Jelleme.

Malus érdemei közelismerésre találtak. A külföldi legtekintélyesebb akadémiák tagjukká választották, mi világosan tanúskodik a külföld el-

ismeréséről. Természetes, hogy az e fajta kitüntetések saját hazájában sem maradtak el; először az arcueili társaság tagjává, 1810-ben pedig az Institut fizikai osztályának tagjává választott. Malus az utóbbi kitüntetésre, mint a legnagyobbra, melyet francia tudós nyerhet, nagy súlyt fektetett. A választás eredményét a legnagyobb izgatottsággal várta; egyik barátja, ki őt az eredményről értesítendő vala, közbejött akadályok miatt a kitűzött időben nála meg nem jelenhetett; Malus e néhány órai késedelmet a választás rá nézve kedvezőtlen kimenetelének tulajdonítván, a legnagyobb levertség vett rajta erőt. Malus, ki mint katona a csaták és döghalál veszedelmeitől egy pillanatra sem rettent vissza, mint tudós majdnem kétségbe esett a kedvezőtlen kimenetelűnek képzelt akadémiai választás eredménye fölött!

A kormány megbízta Malus-t, hogy a metzi iskolából kilépő tüzér- és genie-tiszteket érdemeik szerint osztályozza. Később a politechnikai iskolánál az ábrázoló mértan és a rokon szakokban a

növendékek examinátora lett, 1811-ben pedig ugyanez intézetnél a tanulmányok igazgatójának tisztjét ideiglenesen vezette.

Az oktatás ügye sok szép eredményt várhatott Malus-tól, de fájdalom, a kiváló férfiú további tevékenységéhez kötött remények korán meghíúsultak. Malus-on már 1811 közepe táján mutatkoztak a tüdősorvadás előjelei, s bár ő maga állapotát veszélyesnek legkevésbé sem tartotta, a baj mindinkább erőt vett rajta, s rövid, de fényes eredményekben gazdag életének 1812 febr. 23-án véget vetett.

Malus visszahúzódó természetű és külső magaviseletében hideg modorú, de annál szeretetre-méltóbb kedélyű volt. A fölösleges beszédnek, épen úgy mint Dulong, nagy ellensége volt. Hallgatagsága annyira ment, hogy ha a politechnikai iskola növendékeinek rajzaiban hibákat vett észre, a vizsgálandókhoz intézett kérdései csak anynyiban állottak, hogy a hibás helyekre az ujjával rámutatott. Higgadt természete daczára a priori-

tás kérdéseiben nagyon ingerlékeny volt; ha valaki oly elméletet állított föl, melynek eszméje, bár kevésbé határozott körvonalakban, a dolgozat közzététele előtt ő benne is megfogamzott, a dolog érdemére vonatkozó jogait, bármily csekélyesek lettek légyen is azok, hevesen védte.

Malus-t ifjúságának viharos napjai után az élet viszontagságai nem üldözték. Mint tudós elég szerencsés volt, hogy fényes fölfedezéseinek messzeható következményeit előre lássa; nyilvános életében köztiszteletnek örvendett; családi élete pedig a boldogságnak irigylendő mintaképe volt. Ha élte utolsó napjait valamely földi ír megnyújthatta, úgy bizonyára a neje szeretete lett volna az. Súlyos bajában neje volt leghívebb és legfáradhatatlanabb ápolója, ki nem törődve a ragályozás veszélyes eshetőségeivel, nem gondolt egyébire, mint megmentésére a szeretett férjnek, kit súlyos fájdalmában csak néhány hónappal élt túl.



**BIOT**



**BIOT.**

## I. Biot ifjúsága és tanulmányai. - Hivatalai. - Fokmérések.

Jean-Baptiste Biot 1774 ápr. 21-dikén Párisban született; szülei a polgári rendhez tartoztak. Elemi tanulmányainak bevégezte után a Louis-le-Grand líceum növendéke volt s már ekkor az a cél lebegett szemei előtt, hogy magát a matematikai tudományokban minél alaposabban kiképezze.

Törekvései ellen 1792-ben akadályok gördültek. A politikai forrongások s a harcias események a szabadság eszméitől áthatott ifjúra élénk befolyással voltak. A 18 éves Biot a 9-ik tüzérszázadba önkénytesnek állott be s a sereget követte, de már egy év múlva, a hondschotei ütközet után családjához Párisba visszatért s megszakított tanulmányait folytatta. Biot 1794 elején az Ecole des Ponts et Chaussées növendékei közé vétetett föl, de ezt az intézetet még ugyanazon év november havában a Monge híres alkotásával, a politechnikai iskolával cserélte föl. Egy év múlva

ismét visszament az École des Ponts et Chaussées-be, de úgy látszik, hogy a gyakorlati pályára hajlamot nem érzett, mert már 1797-ben a beauvais-i középponti iskolánál megüresedett fizikai tanszék elnyeréseért folyamodott.

Biot e tanszéken kezdé meg tudományos működését, melylyel egy félszázadnál hosszabb időn át mozdította elő a fizika haladását. Biotnak, mint maga mondá, ekkor még kevés tudománya, de annál több buzgalma volt; fiatal embertől akkoriban egyebet nem is kívántak. Azonban a beauvais-i ismeretlen professzorocska, a hogy Biot magát később nevezte, oly szerencsés volt, hogy már tudományos pályafutása elején sikerült a híres Laplace pártfogását és támogatását megnyernie, még pedig a következőképen:

Laplace ez időtájban gyűjté össze mindazokat a dolgozatokat, melyek a Mécanique céleste tartalmát valának képezendők. Az első kötetek már megjelentek s Biot azokat mohón olvasta. Mivel pedig nem volt türelme, hogy a hosszú időközök-

ben megjelenő folytatásokat bevárja, egyenest a híres szerzőhöz fordúlt, engedné meg neki, hogy a már kinyomtatott íveket a kiadótól átvehesse. Laplace, nehogy a közönség az egész mű megjelenése előtt ítéljen, a kérelmet megtagadta, de Biot-nak ismételt kérelmére s arra a kijelentésére, hogy ő nem ítélő, hanem tanuló közönség, s hogy a számításokat mind keresztül akarja venni s ez által a netalán becsúszott sajtóhibákat is földerítheti, a kért íveket megküldötte. Biot ezután személyesen vitte el Laplace-hoz a kijavított íveket; a híres szerző a fiatal tudós törekvéseit kiválóan méltányolta s ez időtől fogva hathatós pártfogásban részesítette. S valóban, Biot nem sokára törekvéseinek inkább megfelelő állomásokhoz jutott. 1799-ben a politechnikai iskolához fölvételi vizsgálóvá (examineur l'admission) neveztetett ki, mely tisztét 1806-ig viselte, 1800-ban pedig a Collège de France-on a matematika tanárává lett.

A fiatal tanár első munkáit oly siker koronázta, minőt mások csak nagy fáradsággal érnek el.

Biot egy feladatot, melyet Euler tűzött ki s indirekt úton meg is fejtett, direkt úton oldott meg s dolgozatát Laplace-nak bemutatta. Laplace nagyon meg volt elégedve s megígérte, hogy őt e művével az akadémiának be fogja mutatni. Biot a kitűzött időben az akadémia üléstermében megjelent s az értekezés figuráit és képleteit a fekete táblára jegyezte. Értekezésének előterjesztése után Lagrange, Monge és Bonaparte tábornok üdvözölték a fiatal tudóst s az értekezés megbírlásával Lacroix, Bonaparte és Laplace bíztak meg.

E föllépés eredménye az volt, hogy a 28 éves Biot, az állandó titkárrá megválasztatott Delambre helyére, az Institut tagjává választatott.

1804-ben az első konzul az akadémiát is oly vötrumra akarta szorítani, mely a császárság megalapítására kedvező befolyást lett volna gyakorlandó. Biot megtagadta szavazatát, mert az akadémiát nem tartotta arra valónak, hogy politikai hitvallásokat tegyen. Biot később sem igyekezett

a császár kegyeit megnyerni, mert sokkal többre becsülte a tudományt, semhogy ennek révén kegyeket kérjen.

Biot 1804-ben a párisi obszervatóriumhoz neveztetett ki s ugyanezen év augusztus havában, mint ezt már más helyen említettük, Gay-Lussac társaságában légutazást tett. 1806-ban a Bureau des Longitudes csillagász-segédévé (astronome adjoint) neveztetett ki.

A földgömb megmérésének eszméje Franciaországban mindenha termékeny talajra talált. Az első ilyenmű mérést, melynek eredményei szabotosságra igényt tarthatnak, a francia Picard hajtotta végre 1670-ben. A Cassiniaknak híres családja ezen a téren sok érdemet szerzett. Végre Bouguer, Godin, La Condamine, Clairaut, Lemonnier, Maupertuis és Lacaille, kik mindannyian francziák valának, fáradságos vállalataikban sem az egyenlítő tűzétől, sem a sarkvidékek jegé-

től vissza nem rettentek s méréseiket még a déli félgömbre is kiterjesztették.

E vizsgálatok szellemi rugói Huyghens és Newton-nak a földgömb alakjára vonatkozó vizsgálatainak valának. Midőn azonban a francia nemzetgyűlés a földgömb méreteit az összes mértékek egységeinek kiinduló pontjává tette, a francziák a fokméréseket nemzeti ügynek tekintették s beható vizsgálatok hosszú sorát nyitották meg.

A régibb mérések, mindamellett hogy kifogástalan elvek alapján hajtottak végre, a műszerek tökéletlensége miatt pontos eredményeket nem adtak. Ellenben a jelen század elején az asztronómiai műszerek már a tökéletesség igen magas fokán állottak s Borda a repetíciós kört feltalálván, lehetővé vált a szögmérések hibáit minimumra redukálni. Az ily kitűnő eszközökkel végrehajtott nagyszabású első fokmérés a Delambre és Méchain-é volt. E két csillagász a Dünkirchen és Barcellona közötti ívet határozta meg. Méchain a mérést egészen a Baleari szigetekig

akarta folytatni; ez által oly ívet mért volna meg, melynek közepe az egyenlítőtől és a sarktól egyenlő távolságban fekszik, tehát a föld lapultságának különös figyelembe vétele fölöslegessé vált volna. Azonban Méchain a rendkívüli fáradalmaknak áldozatul esett s a megkezdett munka már három éven át szünetelt. Ekkor a Bureau des Longitudes a mű befejezését Biot és Arago-ra bízta. A spanyol kormány két biztost, Chaix és Rodriguez-t, rendelt Biot és Arago mellé. Az utóbbiak a császártól kellő segédeszközöket, az angol kormánytól útlevelet, a spanyol kormánytól pedig hajót kapván, Spanyolországba utaztak s a munkát Méchain előmunkálatai alapján haladéktalanul megkezdették.

Legtöbb nehézséget okozott Ibiza szigetének háromszögtani összekapcsolása a száraz földdel, mert az utóbbinak a szigettől való nagy távolsága miatt nappali jeleket használni nem lehetett. Arago a Disierto de las Palmas nevű hegyen ütötte föl állomását, Biot pedig, alkalmas fixpontot keresendő, Rodriguez-zel Ibiza szigetére ment s



előkészületeket tett, hogy a kicsiny Formentera sziget is a hálózatba vonható legyen. Ibiza szigetén a legalkalmasabb állomásnak a Campvey nevű hegyet találták; Rodriguez négy matrózzal itt maradt, hogy az éjjeli jeltüzek fölött örködjék, Biot pedig visszatért a szárazföldre s harmadik állomásul a St. Antonio foknál levő Mongo-hegy csúcsát választotta s itt négy matrózt hagyott, kik jeltüzekről gondoskodtak.

Biot ezután Arago-hoz csatlakozott s két hónap telt el, míg végre a Disiertoról az innét 120,000 méternyire fekvő Campvey hegyen felállított jeltüzet a messzelátó mezejében észrevehették s annak irányát állandóan kijelölhették! Evvel a munkának technikai szempontból legnehezebb, sőt Méchain előtt legyőzhetetlennek látszó része el volt intézve; a hálózat kiegészítése s az ellenőrző mérések már sokkal kevesebb technikai nehézséget, de annál több testi fáradságot okoztak. Eső, szél, hidegség s még a rablókkal való bajlódás is az egész fölvételt a valaha végrehajtott ilyennemű munkálatok legnehezebbikévé

tették. Biot 1807 ápr. havában Párisba tért vissza, hogy az egyik összetörött szögmérő műszer helyett újat szerezzen. Mig Biot Párisban volt, Arago a fölvelt háromszögeket a Méchain háromszögeivel összekötötte. Az ősz beállta előtt a háromszögek egész lánczolata be volt fejezve.

Biot Ibizán és Formenterán a tengeri halakon érdekes megfigyeléseket tett. E tárgy bővebb kiaknázása végett François de la Roche nevű fiatal orvossal, ki természetrajzi vizsgálataival jó hírnévre tett szert, tért vissza Spanyolországba.

Biot Valenciában Arago-val s az expedíció többi tagjaival találkozáván, az egész társaság te-  
lelőre Formenterára ment. E sziget szélességének s a másodperc-  
ingának pontos meghatározása volt a társaság főfoglalkozása. A telet sivár viszonyok között töltötték, de a munka sikere elfeledteté a nélkülözéseket. Miután a hely szélessége mintegy kétezer észleletből a lehető legnagyobb pontossággal meg volt határozva, Biot el-  
útazott, de Arago a szigeten maradt. Mivel az ál-

lomásról kelet felé Majorca szigete, nyugat felé pedig Spanyolország partjai láthatók valának, Biot és Arago arra a gondolatra jöttek, hogy ama pontokat is a hálózatba vonják, miáltal három hosszúsági foknak megmérése vált volna lehetővé. A mérések ez utóbbi része a Föld igazi alakját lett volna eldöntendő, azaz e mérésnek föl kellett volna derítenie, vajjon a párhuzamos körök csakugyan körök-e, vagy pedig, miként a déllőknek, szintén ellipszises alakjuk van-e. Ez volt az oka annak, hogy Arago még tovább is a szigeten maradt.

Biot visszatérése majdnem szerencsétlenül végződött. Ugyanis az algíri bárka, melyen Spanyolország felé vitorlázott, ragusai kalózok kezébe került, s ezek őt Oránba akarták vinni. Azonban a podgyász átkutatása meggyőzte őket, hogy valami jeles zsákmányra nem tettek szert s Biotól néhány aranyat kapván, szabadon eresztették. Biot ezután Deniában rövid ideig a veszteglő intézetben tartózkodott s innét hazájába tért. Arago

csak sok szenvedés és veszélyes fogság után láthatta viszont hazáját.

Biot az észleletek adatait megvizsgálás és kiszámítás végett a Bureau des Longitudes elé terjesztette. A számítások eredményei szerint a méter hosszúsága a törvény megszabta hosszúságtól csak egy tízezredrésnyi vonallal különbözött, mely különbség a Dünkirchentől Formenteráig terjedő íven csak 176 vonalra rúg.

Biot ezután a Bureau des Longitudes megbízásából Mathieu társaságában Figeac, Clermont, Dünkirchen és Bordeaux-ba utazott, hogy itt a másodperc- inga hosszúságát s evvel együtt a nehézségi erő változásait pontosan meghatározza.

1809-ben a Faculté des Sciences-on a fizikai asztronómia tanárává neveztetett ki, s ugyanez év augusztus havában doktorrá avattatott.

Midőn Napoleon Elba szigetéről visszatért, 1815 jun. 1-én kihirdette az acte additionnelle-t. Biot ehhez az Institut-ben a maga szavazatával

semmi áron sem akart hozzájárulni. Politikába sohasem avatkozott.

1816-ban a Faculté des Sciences-on az akusztika, a mágnesség s az optika előadásával bízott meg. E tisztét 1826-ig viselte. 1816 máj. 6-án a Journal des Savans szerkesztését vette át s szeptember 23-án a politechnikai iskola reorganizálásával megbízott tanács tagjává neveztetett ki.

1817-ben másodszor fogott a fokmérési munkálatokhoz.

A francia nagy fokmérés eredményeit Swanberg svéd csillagásznak észleletei s Lambton angol őrnagynak keletindiai mérései megerősítették. Még nagyobb fontosságúvá lett az angol kormány által elrendelt fokmérés, melyet Roy tábornok megkezdett s Mudge ezredes folytatott. A megmért ív Angol-ország déli részétől Skótország északi csúcsáig terjedt s nagyon is kíváncsúnak látszott, hogy ez az ív a francziával összekapcsoltsék. A Bureau des Longitudes érintkezésbe tette magát az angol kormánnyal s ennek

részéről a leghathatósabb támogatás ígérését nyerte, ha a szükséges mérések véghezvitelére egy francia biztost Angolországba küldene.

A Bureau des Longitudes terve kivitelét Biot-ra bízta. Biot a Spanyolországban használt műszerekkel és újakkal ellátva 1817-ben Angolországba utazott, hol Sir Joseph Banks, részéről a legnagyobb előzékenységgel fogadtatott. Ezután Mudge társaságában Edinburgba utazott s első állomásul a leith-i erősséget választotta s miután a katonai mérnökök parancsnoka, Elphistone részéről ismét a legszívesebb támogatásban részesült, munkáját gyorsan és pontosan végezhetette.

Biot ezután az Orkney szigetekre, nevezetesen Faira szigetére, az angol ív északi végpontjára ment s Mudge ezredes javaslatára a Shetland szigeteket is a hálózatba vonta, mi által az angol vonalat majdnem két fokkal kelet felé tolta s az angol mérés a francia mérésnek folytatásává lett, s így a megmért ív a déllő negyedének majdnem a negyedrészt tette.

Biot észleleteit Unst szigetén, a szigetcsoport keleti szélső oldalán befejezvén, Edinburgba vitorlázott s miután kissé megrongált egészsége helyre állott, Angolország legnevezetesebb ipartelepeinek megtekintése után Londonba utazott. Itt Humboldt és Arago-val találkozott s miután e híres barátaival a greenwichi obszervatóriumban a másodpercz-inga hosszúságát meghatározta, hazájába visszatért.

1821-ben a st. cyri és a la flèche-i katonai intézetekhez a tanulmányok felügyelőjévé nevezte-tett ki. Azonban már három év múlva egy harmadik s a megelőzőkhöz minden tekintetben méltó földmérési munkálat ügyében ismét elhagyta Franciaországot.

Biot-nak eddigi munkái a földi fokok hosszúságának és a nehézségi erő változásainak meghatározását tűzték ki czélul. Az eredmények, úgy a módszerek kitünősége s a mérések pontossága, mint a megmért ív jelentékeny hosszúságánál fogva a Delambre és Méchain által megkezdett s

Biot és Arago által befejezett mérést valamennyi addigi mérés legjelentősebbikévé avatták. Ha azonban a Föld alakját egészen pontosan akarjuk megismerni, akkor a görbületet nem csupán a déllők, hanem a párhuzamos körök irányában is meg kell mérni. Ha a Föld valóban forgási ellipszoid, akkor a párhuzamos körök fokainak egyenlőknek kell lenniök s a nehézségi erőnek egyenlő szélességek alatt változásokat mutatnia nem szabad. Már azok az ingamérések, melyeket Biot Mathieu-vel hajtott végre, e kérdés eldöntését tűzték ki céljukúl, s világosan föltűntették, hogy a nehézségi erő Bordeaux, Figeac és Clermont-Ferrand-ban, ezen egyenlő szélesség alatt fekvő három helyen, nem egyenlő, tehát kíváncsúnak látszott, hogy a mérések egy sokkal nagyobb ívre is kiterjesztessenek. Azonban ez a munka sokkal több költséget okozott, semhogy annak elrendelését csupán a tudomány kedvéért reményelni lehetett volna. Várni kellett tehát mindaddig, míg a tudományos érdekek a gyakorlatiakkal összekapcsolhatók volnának. Az erre



való alkalom 1811-ben kínálkozott; ez évben a francia kormány Laplace indítványára elhatározta, hogy Svájcznak, Savoyának és Felső-Olaszországnak kilencz év óta folyamatban levő fölvétele Franciaországra is kiterjesztessék s a  $45^\circ$  szélesség párhuzamos köre a Biscayai öbölben fekvő Tour de Cordouan-tól egész Fiuméig megméréssék. E munkálat, mely 1813 és 1814-ben rövid megszakítást szenvedett, a piemonti s az osztrák kormányok támogatása mellett 1823 végén befejeztetett. Evvel a feladatnak gaeodetikai és asztronómiai része, igaz, csak tökéletlenül, megoldatott, csak a nehézségi erő változásainak meghatározása maradt hátra. A Bureau des Longitudes ez utóbbi munka végrehajtásával ismét Biot-t bizta meg.

Biot 21 éves fiával 1824 őszén indult el Párisból s miután a tervezett méréseket az olasz csillagászok hathatós támogatása mellett Milano és Paduában végrehajtotta, Fiumében ütötte föl állomását. Ez utóbbi helyen, obszervatórium hiányában, a mérések több időt vettek igénybe. 1825

jan. végén Biot a rendelkezésére álló francia hajón Anconába vitorlázott s innét az Apennineken át Nápolyba utazott. Miután Nápolyban magát a kellő igazolványokkal ellátta, az időközben oda megérkezett hajójával a Lipari szigetcsoport hasonló nevű fővárosába indult. Miután apr. 24-én a munkálatok itt is befejeztettek, Biot még egyszer elment Formenterába, hogy az 1808-ban végrehajtott fizikai és asztronómiai észleleteket az akkoriaknál tökéletesebb műszerekkel ismételje. 1825 jul. 1-re evvel a munkával is készen volt s Barcelona útbaejtésével Párisba visszatért.

Az utazás eredményei megfelelték a várakozásoknak; kitűnt, hogy földgömbünk fölülete a párhuzamos körök mentén ép oly szabálytalanságokat mutat, mint a milyenek (az ellipszoidtól való eltérések) a déllő mentén mutatkoznak. Földünk alakjának pontosabb ismeretét Biot kitartásának, buzgalmának és ügyességének köszönhetjük. Igaz ugyan, hogy mérései, a dolog természete szerint, nem vezethettek a Föld alakjának végleges megállapítására, de az említettük szabályta-

lanságok jelenlétét, melyet azóta kitűnő észlelők más helyeken is kimutattak, minden kétséget kizáró módon bebizonyították. Úgy látszik, hogy az újabb vizsgálatok a tenger színének váltoásaiban a helyi eltérések egy különös nemét állapítják meg, azonban Biot 1858-ban még helyén valónak találta, hogy kijelentse, miszerint a másodperc-inga hosszúságában mutatkozó változásoknak "sokkal nagyobb a folytonosságuk és erélyük, semhogy azokat tisztán helyi vagy esetleges attrakcióknak lehetne tulajdonítani."

Biot a földmérésre vonatkozó munkálatainak külső körülményeit a különböző országokban tett hely- és néprajzi tapasztalatokkal együtt folyóiratokban s összegyűjtve a *Mélanges scientifiques et littéraires* című művében tette közzé; a tényleges eredményekről számot ad a következő mű: *Recueil d'Observations géodésiques, astronomiques, physiques, exécutées par ordre du Bureau des Longitudes de France etc.* Paris 1821, 4o.

Biot-nak eddigelé előterjesztett működése s ki-tüntető állomásai eléggé tanúskodnak arról, hogy mily nagy nevet szerzett magának kiváló érde-mekben épen nem szűkölködő tudós kortársai között. 1825 óta állandóan Párisban tartózkodott s még 30 évnél tovább mint kitűnő bűvár, buzgó tanító és szellemes író mozdította elő a tudomány érdekeit. A következőkből látni fogjuk, hogy a hosszú életkor, melylyel sorsa megáldotta, ered-ményekben és dicsőségben egyaránt gazdag volt.

## II. Biot fizikai munkái.

Biot-nak a fokmérés terén kifejtett munkássá-ga magában véve elegendő volna arra, hogy hír-nevét minden időkre megőrizze. Évek hosszú so-rán át minden akadályon és nehézségen diadal-maskodva, elvégre is létrehozta mindazokat az eredményeket, melyeket az akkori körülmények között várni lehetett. De mindegyik vállalata nem volt ilyen szerencsés. A számtalan feladat közül, melyekkel Biot foglalkozott, a legnehezebb az volt, melyet az optikában tűzött ki magának. A

mint a jelen század elején végrehajtott optikai vizsgálatok a tudomására jutottak, azonnal átlátta, hogy az optika az a tér, melyen aránylag a legtöbbet lehet tenni s eltökélte, hogy minden erejét arra fogja fordítani, hogy a fölmerülő új tünemények törvényeit a legutolsó ízig földerítse s e törvényeket meg nem ingatható elméletekre visszavezesse. De a nagy feladatnak éppen ez utóbbi részén kellett Biot buzgalmának hajótörést szenvednie. Biot oly időben kezdte meg pályafutását, a mikor Newton fényelmélete mindeütt még korlátlan tekintélynek örvendett. Ez az elmélet Biot-ban tudományos meggyőződéssé érlelődött, oly meggyőződéssé, melyet sem a régóta ismert tünemények új interpretációja, sem pedig az új tüneményeknek elméleti reformot hangosan sürgető sajátságai meg nem ingathattak. Minden új tünemény új buzdítás volt rá nézve, hogy kedves elméleteinek új meg új tapasztalati bizonyítékokat szerezzen s nem akarta átlátni, hogy a kísérleti törvények, melyeket a tudomány éppen az ő fáradhatatlan buzgalmának kö-

szönhetett, az emisszió-elmélettel szemben mindmegannyi fegyverek valának; nem akarta átlátni, hogy az általa fölvetett segítő hipothézisek mind ijesztő mértékben növekedő számuk, mind pedig értelembeli hiányaik miatt már jóval túl-lépték azt a határt, melyen hipothézisekre tá-maszkodó elméletnek belül kell maradnia. Biot a hullámelméletnek mindinkább döntő alakban föl-lépő tényeivel hosszú és makacs harczot vívott, mely harcznak vereséges kimenetelében csak az az örvendetes körülmény maradt fön, hogy a Biot kísérleti vizsgálatai, melyeknek értékét az emis-szió-elmélet szellemében fogalmazott interpretá-cziók le nem szállíthatták, az optika legszilár-dabb törvényei maradtak s a hullámelmélet legje-lentősebb kísérleti támasztékai, sőt fejlődése leg-hathatósabb tényezői valának.

Biot kísérleti vizsgálatai, melyekre az imént célzást tettünk, első sorban chromatikus és a forgató polározódásra vonatkoznak. E nevezetes tüneményeket 1811-ben Arago fedezte föl, kísérleti törvényeiket azonban Biot-nak köszönhetjük.

Az a körülmény, hogy a fölfedezés érdeme egy másik fizikusra háramlik, a dolog természetes rendje szerint arra késztet bennünket, hogy Biot kísérleti törvényeit ott terjeszszük elő, a hol ama tünetmények fölfedezéséről fogunk szólni, a következőkben pedig Biot-nak optikai és fizikai egyéb vizsgálatait fogjuk ismertetni.

Biot nevéhez nem fűződik valamely új tünetmény feltalálásának dicsősége, de a hol a már feltalált, de kellőleg még nem tanulmányozott tünetmények törvényeinek megállapítására volt szükség, ott Biot-nál alkalmasabb bűvárt találni nem lehetett; az általa feltalált igazságok nagy mennyiségére való tekintettel bizvást el lehet mondani róla azt, a mit Dulong Gay-Lussac-ról mondott, hogy "elég valamely dolgot érintenie, hogy törvényt találjon föl." Még sem hallgathatjuk el, hogy Biot találta föl a turmalin lemezek okozta polározódást, bár Seebeck ugyanezt a tünetményt korábban ismerte föl.

Ha Biot-nak optikai egyéb vizsgálatairól van szó, első sorban dioptrikai vizsgálatai veendőek figyelembe. Miután Halley a gömbi törő közegek általános elméletének alapjait vetette, az azután következő vizsgálatok főcélja a dioptrikának minden irányban való tökéletesítése volt. A figyelem első sorban a gömbi és az achromatikus eltérésre fordult. A gömbi eltérést, igaz, hogy hosszas számítások segítségével, Euler tanulmányozta behatóan, az achromatizmus elméletének alapjait pedig Dollond vetette. E munkálatokkal a dioptrika jelentős haladást tett, de feladatának még korántsem felelt meg. A régi dioptrika a gömbi törő közegek általános elméletének még mindig csak egy specziális része volt, mert a sugarak menete csak arra az esetre vizsgáltatott meg, midőn a sugarak egy síkban, a főten gelyen átvetett valamelyik síkban haladnak, s e mellett a lencsék vastagsága elhanyagolhatónak vétetett, már pedig ez utóbbi megszorítás, nem tekintve azt, hogy a valóságnak a legritkább esetekben felelt meg, az elméletben többrendbeli illetéktelen



föltevés kútfejévé vált. Biot arra törekedett, hogy az optikai eszközök elméletéből mindezeket a hiányokat kiküszöbölje s Fizikai asztronómiájában a dioptrika teljes elméletét fejtette ki.

Biot meghatározta a főtengely közelében haladó valamennyi sugár útját, tehát a dioptrikát három dimenzió föl vételével tárgyalta, s figyelembe vette a lencsék vastagságát, végre a nyert csínos képletekkel a használatos eszközök elméletét kifejtette.



Eme vizsgálatokban Biot-nak vetélytársa akadt a híres Gauss-ban, ki vele egyidejűleg s, egész önállóan a Biot képleteivel teljesen megegyezőket vezetett le. Gauss elméletének a Biot-é fölött sok előnye van; Gauss nem lévén folytonos te-

kintettel az alkalmazásra, munkája sokkal áttekinthetőbb; e mellett számításai is jóval egyszerűbbek és rövidebbek, elannyira, hogy Biot munkája majdnem húszszor oly terjedelmes mint a Gauss-é, a nélkül, hogy tartalmilag gazdagabb volna. Különben Biot később még többször vizsgatért a dioptrikai vizsgálatokhoz, mi által a vitás kérdések tisztázását nagy mértékben előmozdította. Biot és Gauss általános elméletei jelentékenyen kibővítette Listing, minél fogva a dioptrikát az optika egyik befejezett ágának tekinthetjük.

Biot és Arago direkt mérésekkel meghatározták az eltérést, melyet a fénysugarak szenvednek, ha különböző gázokkal megtöltött prizmán mennek át s ily módon a gázoknak a levegőre vonatkozó törés-mutatóját határozták meg. A levegő abszolút mutatójának meghatározása végett a prizmat különféle sűrűségű levegővel töltötték meg; a fénysugarak eltéréséből azt a törvényt kapták, hogy a levegő törőképesége arányos sűrűségével, még pedig minden színre nézve

egyenlő mértékben, tehát üres térben levő levegőprizmával színszórást előidézni nem lehet. E tapasztalati törvény alapján kiszámították a levegő abszolút törés-mutatóját s azt 1.000294-nek találták.

Delambre a csillagászati sugártörés törvényei alapján a csillagok valódi és látszólagos zenit-távolságából számította ki a levegő abszolút törés-mutatóját; a talált érték a Biot és Arago-éval teljesen megegyezik.

Biot és Arago a levegőre vonatkozó törvényt a többi gázra nézve is érvényesnek találták, továbbá kimutatták, hogy az összetett gázok törőképessége egyenlő az alkotórészek törő-képességeinek összegével; azonban Dulong bebizonyította, hogy e törvény csak a gázok keverékére áll.

Az optikát elhagyhatjuk, a nélkül, hogy attól kellene tartanunk, hogy Biot munkásságával a fizika egyéb ágaiban nem találkozunk.

Biot a hőtant a testek hővezetésére vonatkozó értékes vizsgálattal gazdagította. A hővezetés ál-

talános elméletét nem vezette ugyan le, mert e feladat megfejtése Fourier érdeme, mindazonáltal a megoldás módszere s a feladatban előforduló állandók értelmezése s kísérleti meghatározása által a feladatot a dolog lényege szerint megfejtette, mit annnyival is inkább ki kell emelnünk, mert Biot megfejtése a Fourier-ét megelőzte.

Biot a hővezetés törvényét egy az egyik végén hevített homogén és korlátlanul hosszú rúdra vezette le, figyelembe véve a környezet okozta hőveszteséget. Avval a föltevással, hogy valamely rétegből a szomszédos rétegbe áramló hőnek mennyisége arányos a két réteg mérsékleti különbségével, kimutatta, hogy, ha a hőforrástól számított távolságok számtani sorban növekednek, a megfelelő mérsékletek mértani arány szerint fogynak.

Biot kísérleti eljárása (melyet a tankönyvek rendszerint a későbbi Despretz-ről neveznek el) e törvényt igazolta s módot nyújtott a különböző anyagok hővezető képességének kísérleti megha-

tározásár. Biot eljárása a rúd különböző pontjain uralkodó mérsékletek közvetetlen le mérésén alapszik s a későbbi módszerek nem egyebek, mint ez eljárás szabatosítása. Wiedemann és Frantz fémrudak helyett drótokat használtak s a mérsékleteket nem kéneső-hőmérőkkel, hanem hőelektromos oszloppal mérték.

Biot-nak a hővezetésre vonatkozó elméleti vizsgálata az eljárás bizonyos analógiája miatt a mágnesség elosztására vonatkozó vizsgálatára emlékeztet. Coulomb lengési kísérletekkel határozta meg a mágnesség elosztását valamely rúd-ban, ellenben Biot elméleti úton vezette le az elosztás törvényét kifejező képletet. Biot abból a föltevésből indul ki, hogy valamely mágnesrúdnak mágneses állapota éppen olyan, mintha csak a rúd végeivel az itt tényleg meglevő szabad mágnesség közöltetett volna s mintha a rúd e szabad mágnességnek a rúd belseje felé gyakorolt hatása miatt mágnesezettetett volna. A rúd egyik végén levő mágneses molekulák a következő kereszt-metszet molekuláira megosztó hatást gyakorol-

nak, a megosztás okozta különnevű mágnesség lekötöttek, az egynevű pedig szabaddá lesz. Ez utóbbi mágnesség a következő keresztmetszet molekuláira épen olyan hatást gyakorol, mint az első keresztmetszet a másodikra és így tovább. Föltéve mármost, hogy mindegyik keresztmetszet mágnessége a megelőzőének bizonyos állandó hányadrésze, a rúd egyik végpontjától tetszés szerinti távolságban levő szabad mágnesség matematikailag kifejezhető. Ez a szabad mágnesség a rúd másik sarkának az előbbeniével teljesen analóg hatása miatt részben lekötöttek, a fönmaradó különbség a tényleg meglevő szabad mágnességet adja s ennek matematikailag kifejezett értéke már a szabad mágnesség elosztásának törvényét képviseli. Biot az e törvényben levő állandókat Coulomb kísérleti adatai segítségével számította ki, tehát a törvény a valóságot a Coulomb eredményeivel azonos mértékben fejezi ki.

Coulomb levezette az elektromos szétszóródás törvényét. Biot kimutatta, hogy ez a törvény a

pozitív és a negatív elektromosság szétszóródására egyaránt érvényes.

Volta oszlopa, mely a jelen század elején oly élenken foglalkoztatta a fizikusokat, Biot figyelmét is magára vonta.

Biot azon volt, hogy kimutassa, mely tényezőktől függ az oszlop sarkain összegyülemelő szabadelektromosságnak mennyisége. E végre a Volta oszlopában majd a fémeket, majd a vezető folyadékot, majd pedig az elemek számát változtatta meg s a szabad elektromosságot a Coulomb torziós mérlegével mérte. Vizsgálataiból kitűnt, hogy a szabad elektromosság arányos az oszlopot alkotó elemek számával, de független a fémlapok nagyságától, végre, hogy, egyenlő számú elemek mellett, függ a fémek s a folyadékok minőségétől. Biot számbeli meghatározásai kétségen kívülé tették azokat a törvényeket, melyeket kevesebb határozottsággal már Volta is fölismert.

Midőn Oersted 1820-ban az elektromáramnak a mágnesűre gyakorolt hatásában az elektromos-



ságra vonatkozó ismereteknek egészen új mezejét nyitotta meg, Biot (Savart-ral egyesülve) azonnal hozzáfogott az új tűnemény törvényeinek kísérleti megállapításához s e munkájával az elektromágnesség elméletének alapjait vetette. Biot-nak eme vizsgálataira később még visszatérünk.

Az akusztikában Biot-nak köszönhetjük a hangsebesség meghatározását az öntött vasban. Biot a kísérletet a párisi vízvezeték csöveivel hajtotta végre s a sebességet 3500 méternyinek találta, mely érték mind az elméletileg kiszámítottal, mind pedig a rezgő pálczák hangmagasságából levezetettel megegyezik.

Biot egy igen érdekes kísérlettel előtűntette s mintegy szemmel láthatóvá tette a longitudinális rezgéseket végezű üvegpálczák molekulás szerkezetét. Azonban nagyon is a részletekbe kellene bocsátkoznunk, ha Biot-nak ezt a kísérletét valamint a rendkíűl nagyszámű többi specziális vizsgálatát tűzetesen ismertetni akarnók. Mivel

még többször lesz alkalmunk, hogy Biot jelentősebb kutatásaira visszatérjünk, még csak tudományos tevékenységének egyéb ágaira akarunk néhány pillantást vetni.

III. Biot mint tanár és író. - Kitüntetései. - Halála.

Biot-nak már előterjesztettük életrajzából kitűnik, hogy az oktatás terén nagyon el volt foglalva; a Collège de France-on 30 éven át tanított. Nagyszámú tanítványai, kik benső ragaszkodással fűződtek személyiségéhez és kitűnő előadásaihoz, a tőle szerzett ismereteket országszerte terjesztették. A tanári működésével kifejtett ismeretterjesztő hatást kitűnő tankönyvei nagy mértékben mozdították elő.

Hogy miképen vélekedett Biot a fizikai oktatásról, azt világosan kifejezte a minden körülmény között méltánylandó következő szavaival:

"Nem azon kell lennünk, hogy a tanulónak például a mágnesség vagy az elektromosság tanából vagy a fizikának valamely más ágából em-

lékezetébe vessük a tények tömegét, melyet a tankönyvekben mindenkor újra föllelhet, hanem azon kell lennünk, hogy megvilágosítsuk előtte a tapasztalás és az észlelés útját, mely a tények feltalálására vezetett; hogy beléje öntsük a tudomány filozófiai szellemét, mely ha őt egyszer már áthatotta, szelleme irányt, erőt és biztosságot fog kapni, s mely az igazság iránt élénk szeretetet, a rendszereskedés s ennek módszerei iránt pedig kiolthatatlan gyűlöletet fog beléje oltani s ez által a természet megfigyelésére és tanulmányozására képessé fogja tenni." (Traité de Phys., Préf.)

Irodalmi ismeretekben Biot valamennyi szak-társát fölülmúlta. Az ókori, a franczia s a külföldi irodalmakat nemcsak hogy alaposan ismerte, hanem tanulmányok tárgyaivá is tette. Folytonos és élénk figyelemmel kísérte a tudományos mozgalmakat, miről a Journal des Savans-ban közzétett nagyszámú ismertetései és bírálati tanúskodnak. Ismeretterjesztő tanulmányai legnagyobbbrészt a Moniteur universel s a Mercur de France-ban je-

lentek meg. Minden iratában mestere volt a nyelvnek és a stílusnak; irodalmi érdemeinek elismeréseül az Académie des Inscriptions et belles Lettres 1841-ben, az Académie française pedig 1857-ben tagjává választotta.

Biot soha egyetlen sorában sem árult el nemzeti elfogultságot s nem egyszer fejezte ki, hogy francia botanikáról vagy francia mineralógiáról beszélni nevetséges dolog. A fokmérések alkalmával tett utazásainál szabad idejét a népek kulturállapotának és szellemi meg morális fejlődésének alapos tanulmányozására fordította. A politikát a tudományoktól egészen távol álló dolognak tekintvén, avval mentül kevesebbet törődött. "A ki a szemlélkedő tudományokkal, mondja Biot, őszinte s mély szenvedélylyel foglalkozik, az a közügyekkel való foglalkozás alól, mintha csak a Jupiteren vagy a Saturnuson laknék, fölmentve fogja magát érezni s e foglalkozás veszélyeinek még akarva sem teheti ki magát. A külső világ nem fogja őt elválasztani az absztrakcióktól, ha csak épen ezek által nem akarja a tömeg figyel-

mét magára vonni s a tömeg bizalmával a vagyonhoz és politikai állásokhoz vezető utat egyengetni....." Mivel az efféle nézetek s az ezeknek megfelelő magatartás, valamint az a körülmény, hogy iratai túlnyomólag a tudományos világnak szánt tárgyakat terjesztenek elő, a korszellemnek nem feleltek meg, Biot a szó közönséges értelmében vett népszerűsége nem is tett szert.

Biot irataiban mindenütt élénk történelmi érzéssel találkozunk. Az asztronómia történetével tüzetesen foglalkozott. Kutatásaiban különösen az egyiptomiak, az arabok, hinduk és khinaiak asztronómiáját vette figyelembe. Ide tartozó műveinek egyikében azt vitatja, hogy a denderah-i állatkör, mindamellett hogy csak a Ptolemaeusok korabeli emlékeken található, eme korszaknál jóval régibb eredetű. Biot-nak Edouard nevű fia a khinai irodalom és történelem tanulmányozásának szentelte életét; kora halála után atyja avval állított neki emléket, hogy közzétette a Cseuli (a Cseu-dinasztia története) című könyvnek fiától

eredő fordítását. Biot a matematikai tudományok történetét még számos biografiával gazdagította. Különösen érdekes Newton fölötti tanulmánya és a Galilei pörére vonatkozó értekezése. De ez a két irat egyszersmind arról tanúskodik, hogy Biot történelmi érzéke nagyon sajátos viszonyban volt a hullámelmélettel meg a - jezsuitákkal. Az első iratában Hooke nézeteit mindvégig badarságoknak nevezi, a másodikban pedig Oliveri-nek, az inkvizíció komiszárusának pusztá kijelentéseire támaszkodva, azt vitatja, hogy Galilei csakugyan személyesen bosszantotta a pápát.

A tudományos világ a legnagyobb elismeréssel adózott ama munkásságnak, melyet Biot hosszú és tevékeny életén át kifejtett; honfitársai kiváló megbízások és hivatalok által iparkodtak tudományát a haza javára értékesíteni. A már említett hivatalokhoz járultak még a következők: Biot 1825-ben a politechnikai és a st. cyr-i katonai iskolához a növendékeket fölvevő bizottság tagjává, 1826-ban a Faculté des Sciences-on ismét az

asztronómia tanárává s 1840-ben ez utóbbi intézet dékánjává s az akadémiai tanács tagjává neveztetett ki. 1849-ben a Faculté des Sciences-on betöltött állomásáról véglegesen lemondván, tiszteletbeli tanárrá neveztetett ki. A formai kitüntetések tüzetes fölsorolása nagy helyet venne igénybe; a rendjelekről hallgatunk, s csak azt említjük föl, hogy Biot mintegy 50 bel- és külföldi akadémiának és tudományos társaságnak volt tagja.

Biot 1862 febr. 3-ikán, 88 éves korában, Párisban halt meg, s vele sírba szállott a multszázadbeli franczia tudományosság utolsó képviselője.

# ARAGO



ARAGO.



Arago a XIX. század legnagyobb fizikusainak egyike. Fényes fölfedezések, nagy eszmék kifejtése s nagy tervek kivitele fűződnek nevéhez; az újabb fizika nem egy fejezete az ő szelleme termékeiből indul ki. Munkáival új kutatásoknak tág mezejét nyitotta meg s ez új kutatások nem egy kiváló szellemnek a föladatak nehézsége s a megoldás sikere által egyaránt nevezetes tevékenységét idézték föl. "Arago az ég és a föld fizikáját egyaránt tárgyaló munkáinak száma és változatossága nagy nehézségeket fognak okozni annak, ki föladatúl Arago életének elbeszélését tűzte ki magának."

Humboldt-nak ez a mondása szolgáljon mentégünkre, ha kitűzött föladatunk megfejtése nem felelne meg a jogos igényeknek. Azonban ezt a mentséget nem akarjuk már előre is igénybe venni, sőt ellenkezőleg azon leszünk, hogy Aragonak kiváló tényekben gazdag életét mentül hívebb színben tüntessük elő.

I. Arago ifjúkora. - Belépése a politechnikai iskolába. - Arago az obszervatórium titkárává lesz.

Arago jövődő biografusa munkájának egy részét tetemesen megkönnyíté az által, hogy ifjúsága történetét maga írta meg. A következőket Arago iratából merítettük; ennél jobbat, ifjúságára vonatkozó egyéb közlemények megbízhatatlansága miatt, úgy sem tehattünk volna.

Dominique François Arago 1786 febr. 26-kán a régi Rousillon tartománynak Estagel nevű községében született. Atyja, ki jogász volt, számos tagból álló családját fekvő birtokainak jövedelmeiből tartotta fön. Arago elemi tanulmányait a községi iskolában végezte. Az akkori harczias események élénken hatottak a gyermek kedélyére. Arago szülői háza mindig tele volt katonatisztekkel, kik csapataikkal a községen átvonúltak. A katonai élet közvetetlen szemlélete s a spanyol invázió fölötti ingerültség nagyon megkedvelték az ifjú Arago-val a háborús életet s szüleinek

nagyon kellett vigyázniok, hogy gyermekük a csapatok után ne szökjék.

Egy ízben majdnem keményen meglakolt harcias szellemeért. A peires-tortes-i csatában megvert spanyolok szétszórattak s közülök öt lovas, élükön egy dandárparancsnokkal, Estagelbe tévedett. A mint a 7 éves Arago e katonákat meglátta, haza futott, hogy magát egy lándsával ellássa s ezután egy utczasarkon lesben állva, az arrajövő parancsnokot megszúrta. Ez a merészség, ha az odasiető fölfegyverkezett parasztok a lovasokat el nem fogják vala, végzetes következményeket vont volna maga után.

Midőn Arago-nak atyja a pénzverőnél hivatalt kapott, egész családjával Perpignanba költözött. Arago ez időtől fogva a városi gimnáziumba járt s különös szeretettel foglalkozott a francia klasszikusokkal. Azonban egy véletlen körülmény szellemének egészen új irányt adott.

Egy sétája alkalmával a város bástyáin egy igen fiatal mérnökkari tisztet látott. Arago azon-

nal megkérdezte a tisztet, hogy miként lehet ily gyorsan tiszti rangra emelkedni. A kérdezett azt felelé, hogy ő a politechnikai iskolát, melybe csak fölvételi vizsgálat alapján lehet bejutni, végezte el. Arago rögtön megszerezte a politechnikai iskola programját, melyből a fölvételi vizsgálat követelményeiről értesülvén, a klasszikusokkal fölhagyott s még csak a matematikai tanfolyamot végezte. Mivel tanítója ebben a tudományban el volt maradva, Arago átlátta, hogy a tőle tanult ismeretek alapján a vizsgálatot le nem teheti s ez oknál fogva Párisból meghozatta Lacroix, Legendre és Garnier műveit s ezeket tanulmányozta. E munkájában nagy segítségére volt Raynal nevű birtokos, ki üres óráiban a felsőbb kalkulussal foglalkozott.

Másfél évi szorgalmas tanulás után a 16 éves Arago Montpellier-be, az ott működő vizsgáló bizottság elé ment. De mivel az egyik vizsgáló, az ifjabb Monge, betegség által Toulouse-ban föltartóztatva, meg nem jelenhetett, Arago, a nélkül hogy a vizsgálatot letehetette volna, visszatért

Perpignan-ba s szülei kívánságára egyidőre lemondott arról a szándékáról, hogy a politechnikai iskolába lépjen. Midőn azonban még Euler, Lagrange és Laplace-nak néhány munkája is a kezébe került, egész hévvel újra hozzáfogott a matematika tanulásához s erősen elhatározta magát, hogy a tüzéri pályára lép. Mivel pedig arról értesült, hogy a tiszttől elvárják, hogy a zenéhez is értsen s jól vívni és táncolni tudjon, naponként néhány órát e mulattató foglalkozásoknak szentelt.

Méchain a fokmérést a Baleári szigetekig akarván kiterjeszteni, 1803-ban Perpignan-on keresztül utazott s Arago atyját, kit már 1794 óta ismert, meglátogatta. Mivel Arago éppen azon volt, hogy a fölvételi vizsgálat letételére Toulouse-ba utazzék, atya megkérte Méchain-t, ajánlaná fiát Monge-nak. Méchain szívesen engedett a kérelemnek, de egyszersmind kifejezte a fölötti aggodalmát, hogy az ifjú önálló tanulmányai alapján a vizsgálatot letehetné s azt ajánlotta, hogy abban az esetben, ha a politechnikai iskolába mégis föl-

vétetnék, csak is a mérnökkari vagy tüzéri tisztségre készüljön, mert a tudományos pályán nagyon sok csalódásnak tehetné ki magát.

Arago e silány biztatás daczára Toulouse-ba ment s a vizsgálatot fényes sikerrel letette. A vizsgálat egy kis összezörrenéssel kezdődött. Ugyanis elsőnek egy szintén perpignani fiatal ember lépett a táblához, de annyira zavarba jött, hogy semmit sem tudott felelni, minélfogva teljesen megbukott. A második vizsgálandó Arago volt. A vizsgáló az előzmények után a perpignaniakról oly rossz véleménynyel volt, hogy Arago-t már előre is gúnyos megjegyzésekkel illette, sőt visszalépést ajánlott neki. Arago sértett önérzettel erélyesen kérte a kérdések föltevését. A vizsgálat szigorú volt, de Arago fényesen megállotta helyét. Most a vizsgáló az ellenkező túlságba esett: Arago-t megölelte s ünnepélyesen kijelentette, hogy a fölvételre első helyen fogja ajánlani.

Arago 1803-ban vétetett föl a politechnikai iskolába s a bretagne-iak s a gascogne-iak szakszába osztatott. A fizikából és a chémiából ekkor még vajmi keveset tudott s szívesen tanulmányozta volna e tárgyakat, ha e szándékában iskolatársai lármás magaviselete őt meg nem akadályozza. Az első osztályból a másodikba való átlépése alkalmával a matematikai vizsgálat majdnem úgy kezdődött, mint a toulouse-i fölvételi vizsgálat. Most nem tudományát, hanem francia létét vonták kétségbe.

"Hogyan hívják önt", kérde a híres Legendre, mert ez volt a vizsgáló. - "Arago-nak", volt a felelet. "Ön tehát nem francia?" - "Ha nem volnék francia, akkor nem állanék Ön előtt, mert sohasem hallottam, hogy valakit, mielőtt a nemzetiségét kimutatta volna, a politechnikai iskolába fölvettek." - "De én azt állítom, hogy a kit Arago-nak hívnak, az francia nem lehet." - "Én pedig azt állítom, hogy francia, mégpedig jó francia vagyok." - "Jó, ne vitatkozzunk tovább, menjen a táblához."

A vizsgálat igen szigorú volt, de Arago, miután francia létét a vizsgálat folyamában is újra erélyesen kellett védelmeznie, a föladott kérdésekre fényesen megfelelt. "Látom, mondá Legendre a vizsgálat végén, hogy Ön jól fölhasználta idejét; ha Ön a második évfolyamban is így folytatja, akkor mint jó barátok fogunk elválni."

A második évfolyam elején Arago főnökévé lett a szakasznak, melybe őt beosztották. Hachette, a hidrografia tanára, kinek őt rousilloni ismerősei ajánlották, igen szívesen bánt vele, sőt a lakásán szobát is adott neki. Itt Arago-nak alkalma volt, hogy Poisson-nal megismerkedjék. E híres matematikussal politikai és matematikai kérdések fölött vitatkozva, sok kellemes órát töltött.

Arago több érdekes részletet beszél el abból az időszakból, melyben a kormány a politechnikai iskolának nemcsak tanárait, hanem növendékeit is politikai manifesztációkra szorította. A konzuli kormánynak császárivá való átalakulása nagy mozgalmat idézett elő. A császár Lacuée tá-



bornokot bízta meg, hogy a növendékektől a hűségi esküt átvegye. A nevek fölolvásásánál a legtöbben "esküszöm" helyett azt mondták, hogy "jelen", de emez egyhangú fölkiáltásokat megzavarta egy Brissot nevű növendék, a ki, midőn őt fölszólították, kemény hangon kijelentette: "nem, én nem esküszöm a császárnak hűseget. " Lacuée a fölfegyverkezett növendékek egyik szakaszának, melynek élén Arago állott, meghagyta, hogy Brissot-t fogja el. A növendékek megtagadták az engedelmességet. Végre Brissot egészen nyugodtan mondá a tábornoknak: "Mondja meg nekem, hogy hová menjek, de ne kényszerítse a növendékeket, hogy magukat avval gyalázzák meg, hogy kezüket ellenállani nem akaró társukra tegyék. " Brissot-t másnap kicsapták.

Méchain 1804 szept. 20-kán a Valencia melletti Castellon de la Planában meghalt. Fia, ki a párisi obszervatórium titkára volt, ez esemény után állomásáról azonnal lemondott. Poisson ez állomással Arago-t kínálta meg, ki azt az alatt a föltétel alatt, hogy a tüzérséghez, a mikor neki

tetszik, visszatérhet, el is fogadta. Arago-nak ekkor még mindig nagy kedve volt a katonai pályához, melyre őt atyja barátjának, Lannes tábornoknak protekciója is kecsegtette.

Ez időtájban adta elő magát a következő eset, mely Arago-t könnyen nagy veszélybe sodorhatta volna, de egyszersmind érdekes világot vet politikai jellemére.

A politechnikai iskolából kicsapott Brissot nagysokára meglátogatta Arago-t az obszervatóriumban. Brissot hosszú elmaradását avval mentegette, hogy időközben a czéllövésben gyakorolta magát, mert meg akarja szabadítani Franciaországot a zsarnoktól, ki a szabadságra békót vetett. Arago rémülete a legmagasabb fokra hágott, midőn Brissot kijelenté, hogy a Caroussel-téren már egy alkalmas szobát is bérelt, a melynek ablakából Napoleont egy katonai szemle alkalmával kényelmesen lelőheti. Arago-nak minden beszéde hiábavaló volt, mindössze is csak annyit érhetett el, hogy Brissot-val becsületszóra meg-

fogadtatta, hogy terve kivitelét elhalasztja. "A gondolat, mondja Arago, hogy Brissot tervét a hatásának följelentsem, eszembe sem jutott. Végzet volt az, mely engem ért, s melynek következményeit, bármily súlyosak lettenek legyen, el kellett viselnem."

Arago eleintén Brissot anyjának közvetítésére számított, de ez a különben nagyon jámbor aszszony kereken kijelenté, hogy abban az esetben, ha fia azt véli, hogy hazafias kötelességet teljesít, őt tervéről lebeszélni sem kedve, sem szándéka nincs. Arago-nak most már magának kellett gondoskodnia, hogy a veszélyes kelepczéből kiszabaduljon. Brissot különös szeretettel foglalkozott a poézissal: ezt a szenvedélyét Arago annyira fokozta, hogy utoljára az irodalmi dicsőség vérmes reményében tervéről lemondott s egy oczeánon túli útazásra határozta el magát. Arago maga mondja, hogy ez által megszabadult a legkomo-lyabb szorongattatástól, mely az életben valaha érte.

## II. A spanyolországi fokmérés.

Alig hogy állomását az obszervatóriumban elfoglalta, Arago Biot-val a gázok sugártörésére vonatkozó vizsgálatokat tett, melyek eredményeiről Biot életrajzában szólottunk. A két fizikus munka közben többször fölvetette a Méchain-féle fokmérés folytatásának eszméjét. Terüket Laplace-szal közölték s e híres tudós azt élenken pártolta s a megkívántató költségeket is előteremtette.

Arago és Biot, a spanyol kormány kiküldötte két biztossal 1806 elején utaztak Spanyolországba. A fokmérés egyes részleteiről már szólottunk; Arago a Disierto de las Palmas csúcsán hat hónapig tartózkodott, míg végre a Campvey hegyen fölállított jeltüzet észrevette. A rossz időjárás s a rideg környezet a tartózkodást egyaránt kellemetlenné tették; mindössze is a hegy tövében fekvő karthauzi klastrom két szerzetese lopózkodott föl néha a hegy tetejére, hogy itt rend-

jük szabályai ellenére az idegenekkel beszél-  
gessenek.

Arago spanyolországi tartózkodásának nem csak tudományos, hanem még regényes oldala is volt. Kalandjainak némelyike nagyon veszélyes természetű volt.

Valenciából, hol az időközben Franciaország-  
ba tért Biot-ra várakozott, szórakozás kedvéért  
Murviedroba, a régi Saguntumba rándult s itt egy  
francia kisasszonynál ebédelt. Ez által fölkelte  
féltékenységét a kisasszony jegyesének, ki csak-  
ugyan lesbe állott, hogy magát a visszatérő  
Arago-n megboszúlja. Mivel a kisasszony az ef-  
féle eshetőségekre Arago-t előre figyelmeztette,  
Arago pisztolyokkal látta el magát. Azonban a  
kocsis biztosította őt, hogy a pisztolyokra nem  
lesz szükség, mert neki a rablók lefegyverzésére  
csalhatatlan módszere van.

Két útonálló valóban megtámadta a kocsit.  
Mire Arago a pisztolyokhoz nyúlt, a kocsis egy  
borzasztó kiáltást tett. E kiáltásra a kocsi elé fo-

gott öszvér először fölágaskodott s ezután a két útonállón átugratott. A tovairamodó kocsi a támadók egyikét agyontiporta. Ez volt a kocsis módszere, mely talán Arago életét menté meg.

Arago egy állomást a Cullera mellett fekvő magas hegyek egyikén ütött föl. Itt egy esős és viharos éj közepén a környékbeli rablók kapitányát kellett éji szállással ellátnia. Azonban ez az ismeretség Arago-ra nézve nem csak hogy veszélytelen volt, hanem még nagy haszonnal is járt, mert a bandita hatalmas befolyása és protekciója folytán Arago-nak az egyik állomásról a másikkra nem kellett többé a nap égető hevében utaznia; a rablóknak a főnökük által kiadott rendelet folytán éjjel egész biztonságban utazhatott.

Azonban a rablókapitány hatásköre a Valenciától északra fekvő helységekre nem terjedt ki, s ez a körülmény Arago-t egy ízben komoly veszélybe sodorta.

Arago hatodmagával Oropesa környékén utazott. Egy magános rabló merészen megtámadta

a társaságot, de a sokaság láttára visszavonúlt, azért, hogy a támadást többedmagával megújítsa. A társaság sejtette a veszélyt s a rendes útról letérve, sokáig bolyongott az erdőben, míg végre egy házikóban, melyhez az ablakon át világító mécs fénye által vezettetett, nagy nehezen menedéket talált. A rablók ide is eljöttek, de mivel a mécs ekkor már nem égett, szitkolódások között tova mentek.

Arago leírásai élénk színekkel festik a spanyol közviszonyokat, akár a Gil Blas-t olvasnók!

A földmérő műveletek sikere megkívánta, hogy a bizottság az állomások közelében levő papokkal jó viszonyban legyen. Biot, Arago és a valenciai francia konzul fölkeresték a valenciai érseket, hogy támogatását kikérjék. Az érsek szívesen fogadta őket, de a látogatás vége majdnem hogy mindent elrontott. Ugyanis Biot és a konzul a távozás alkalmával nem csókolták meg az érsek kezét, pedig az érsek az efféle óhajtasát megfelelő kézmozdulattal nyíltan elárulta. Arago

utolsónak ment ki; a mérési operációk sikere iránti aggodalmai miatt elhatározta magát, hogy a társai udvariatlansága által megsértett érsek kezét megcsókolja. Az érsek, ki egyszersmind francziskánus generális volt, most már oly hevesen nyújtotta kezét, hogy Arago fogait majdnem kiütötte. "Különben, mondja Arago, midőn az érsek szorított öklét ajkaimhoz tette, azokra az optikai szép kísérletekre gondoltam, melyeket a gyűrűjébe foglalt gyönyörű kővel végre lehetett volna hajtani; nyíltan bevallom, hogy evvel a gondolattal látogatásunk egész ideje alatt foglalkoztam."

III. Arago fogsága. - Kalandjai Spanyolországban és Afrikában. - Visszatérése Franciaországba.

Miután Biot az új műszerrel megérkezett, Arago-val Formentera szigetére, a mérendő ív végpontjára ment. Innét visszatért Párisba, de Arago tovább is a szigeten maradt, mert ezt Ma-



jorcával és Ibizaival háromszögtani kapcsolatba akarta hozni.

Azonban Arago-nak ez az ottmaradása hosszú szenvedések forrásává vált. Arago-nak ezután következő kalandjai, ha terjedelemben nem mérkőzhetnek is Ulysses-nek hasonló mű kalandjaival, emezek fölött az az érdemük van, hogy nem költői fantázia szüleményei, hanem valósággal megtörténtek.

Ez időtájban tört ki a spanyol félszigeten és az ehhez tartozó szigeteken a francziák elleni lázadás. Arago Majorca szigetére ment s állomását a Clop de Galazo nevű hegyen ütötte föl. A lakosság körében az a hír terjedt el, hogy Arago a francia csapatok partraszállását akarja elősegíteni, minélfogva azoknak éjenként jeleket ad. E hírek fenyegető alakot öltöttek, midőn 1808 május 27-én Berthemie, Napoleonnak egyik ordonáncz tisztje Palmában, Majorca fővárosában kikötött, hogy a Minorca szigeténél horgonyzó hajóhad-

nak megparancsolja, hogy azonnal Toulonba vitorlázzon.

Evvel meg volt adva a jel a lázadásra. A nép nem feledkezett meg a Clop de Galazo csúcsán állomásozó francziáról sem, s azonnal megindult, hogy elfogja.

Damian, tulajdonosa ama kicsiny hajónak, melyet a spanyol kormány Arago rendelkezésére bocsátott, megelőzte a népet s Arago-nak álöltözetet vitt. Arago e ruhában lement Palmába. Útközben találkozott ugyan az elfogására indult csapattal, de mivel a majorcai dialektust kitűnően beszélte, gyanút nem keltett s tovább mehetett. Azonban úgy látszott, hogy hajójának kapitánya, Don Manuel de Vacaro, a parton lármázó nép kezére akart játszani, minélfogva Arago maga kérte föl a kapitányt, hogy fogolyként a Belver nevű megerősített kastélyba vitesse. Ez meg is történt, s Arago az őt követő nép dühétől megmenekült, mindössze is csak czombjába kapott egy gyenge törszúrást.

A kastély parancsnoka tűrhetőleg bánt Arago-val, kinek biztonsága még nagyobb volt akkor, midőn a spanyol őrséget svajczival váltották föl. Csak egyszer jelentette a parancsnok Arago-nak, hogy egy szerzetes fölbiztatta a katonákat, kik neki a városból az eledeleket hordták, hogy őt megmérgezzék.

Miután Arago-t majorcai barátai egymásután elhagyták, a fogság mindinkább terhessé vált. Csak Rodriguez, a fokméréshez kiküldött spanyol biztos látogatta meg néha és spanyol lapokat is küldött neki, Arago az egyik lapban ilyen című cikket talált: Jelentés Arago és Berthemie urak kivégeztetéséről. E "jelentés" szerint Berthemie a vigasztalására kiküldött papot feszületül leköpte s mint konok hugonotta halt meg, ellenben Arago tisztességesebben viselte magát s az akasztás folyamában lármát nem csapott. A tudósító egyszersmind sajnálkozását fejezte ki a fölött, hogy ez a fiatal csillagász a tudomány ürügye alatt Spanyolországba lopózkodott, hogy a francia csapatok bevonulását megkönnyítse.

"Miután az emberek már amúgy is kivégeztetéséről beszélnek, mondá Arago e cikk elolvasása után Rodriguez-nek, ez az esemény nem fog sokáig magára várni, csak hogy inkább akarnék a vízbe fúlni, mint kötél által meghalni. Meg fogok szökni a városból s önt kérem föl, hogy az ehhez való eszközökről gondoskodjék."

Arago terve az volt, hogy Algirba szökjék, innét pedig valamely francia hajóval Marseillebe vitorlázzon. Lássuk, hogy miképen sikerült ez a terv.

Rodriguez figyelmezteté a sziget parancsnokát, hogy abban az esetben, ha a Berverben levő francziák a nép dühének áldozatul esnének, a legkeményebb visszatorlástól lehet tartani; továbbá odahatott, hogy a sziget parancsnoka meghagyta a kastély parancsnokának, hogy a francziák szökése elé akadályokat ne gördítsen.

1808 jul. 8-kán Arago és Berthemie, ki szintén a Berverben ült, csendesesen leszállottak a várból s egy bárkába ültek, melyet Damian úgy rendezett

be, mintha halászatra indulna vele; ugyancsak Damian a Clop de Galazon maradt műszereket is a bárkába vitette. A vihar a szökevényeket a Majorca déli csúcsánál fekvő Cabrera szigetecskére vetette; itt meg kellett állapodni s csendesebb időre várni. A bárka három matróza észrevette, hogy Berthemle nem inasa Arago-nak, mint ez nekik mondván volt, s ennél fogva kijelentették Damian-nak, hogy ők csak a csillagász megszöktetésére vállalkoztak, tehát a katonatisztet a partron kell hagyni. Damian a hallottakat közölte Arago-val, ki a gyanút csak úgy oszlathatta el, hogy Berthemie-nek, előleges megegyezéssel, a matrózok hallatára többrendbeli gorombaságot mondott. Végre 1808 jul. 29-kén a bárka ismét kifeszíté a vitorlákat s aug. 3-kán Algirban kikötött.

A algiri franczia konzul közbenjárására Arago és Berthemie már néhány nap múlva fölvétettek egy Marseille-be induló algiri hajóra. A konzulátus titkára, ki egyszersmind osztrák konzul volt, Arago és társának két hamis útlevelet állított ki;

ez okiratok alapján Arago-ból schwechati, Bert-hemie-ből pedig leobeni kereskedő lett. A hajón a legvegyesebb utazó közönség gyűlt össze; voltak ott zsidók, marokkóiak, arabok, két oroszlán s egy sereg majom. A hajó tulajdonosa a sekai emir, kapitánya pedig egy görög tengerész volt.

Útasaink aug. 18-kán hagyták el az algiri kikötőt. A szardiniai magaslaton egy amerikai hajóval találkoztak, s ezt egy ágyúlövessel fölszólították, hogy magát megvizsgáltassa. Arago, ki tolmácsként szerepelt, kapitánya meghagyásából megparancsolta az amerikai kapitánynak, hogy kávé, teát és cukrot adjon. Az amerikai nem mulasztotta el, hogy Arago-t kapitányostul rablónak és kalóznak nevezze, de végtére is a kívántakat ki kellett szolgáltatnia. Arago-nak még azt is megígérte, hogy ha valaha keresztény földön találkozik vele, a fejét be fogja zúzni.

Az algiri hajó már Marseille közelében volt, midőn egy palamosi spanyol kalózhajóval találkozott. Ez utóbbi gyorsabban vitorlázott; szökni

nem lehetett; az algiri hajó megadta magát. A kalózkapitány, mindamellett hogy Spanyolország a Barbareszk államokkal hadat nem viselt, az alatt az ürügy alatt, hogy az ostromzár, melynek a francia kikötők alá voltak vetve, megsértetett, a hajó népét elfogottnak jelentette ki.

A kalózok az elfogott hajót Spanyolország északkeleti határa közelében fekvő Rosas-ba vitték, hogy az ottani hatóság a foglyok sorsát eldöntse. Arago nagyon kellemetlenül volt meglepve, midőn a kalózok között észrevette Pablo Blancot, ki azelőtt Vacaro hajóján matróz volt s kit geodaetikai méréseinél mint inast alkalmazott. Ha régi szolgája őt megismeri, a hamis útlevel mit sem használt volna, minélfogva Arago kénytelen volt két napon át, a megérkezés idejéig, ágyában feküdve maradni, s ha Pablo kíváncsiságból a kabinba jött, fejét a paplan alá dugni. Arago a rosasi kikötőben oly csónakra szállott át, melyen a régi szolga nem volt s mivel ez utóbbi a tengeren új kirándulásra indult, az erről az oldalról fenyegető veszély egyelőre megszűnt.

A rosasi hatóság Arago-t és utitársait a veszteglő időre a Figuerasra vezető országút melletti régi szélmalomok egyikébe küldötte. Arago, kit a spanyolok a hajó tulajdonosának tartottak, kemény faggatásoknak volt kitéve. Időközben egy angol hajó jelent meg a rosasi kikötőben. Arago egyik örének szíves közreműködése mellett megkérte az angol kapitányt, hogy őt, mint angol útlevéllal ellátott utast reklamálja, vagy legalább is észleletei eredményeit a Royal Society-nek átvigye. A kapitány a kérelem teljesítésére hajlandónak mutatkozott, sőt Arago-t meg is látogatta. De midőn ez utóbbi a szalmáról fölkelve, szennyes inge alól holmi dirib-darab papirokat húzogattott elő, az angolnak, ki talán azt hitte, hogy az észleletek eredményei már egy marokin-kötésű könyvben vannak, egyszerre elment a kedve a közbenjárástól s Arago-nak azt ajánlotta, hogy egyenest a spanyol kormányhoz forduljon. Azonban Arago nagyon is óvakodott e lépéstől, végre, látván, hogy nagyon veszélyes lehet rá nézve, ha őt még tovább is a hajó tulajdonosának tartanák,



a rosasi parancsnoknak nyíltan bevallotta kilétét és nemzetiségét; vallomásánál Pablo tanúként szerepelt. De ez által mit sem változtatott helyzetén. Végre a szökésre gondolt. A Rosas közelében fekvő Figueras-ban franczia őrség volt; a franczia előőrsök néha 500 méternyire közeledtek a szélmalomhoz. De mivel tudta, hogy Spanyolországban a veszteglő-intézetekből megszökötteket halállal büntetik, e tervével, különösen mivel afrikai útitársai (kik benne egyedüli mentőjüket látták) távozása elé a legnagyobb félelemmel néztek, fölhagyott. Végre a spanyol hatóság őt útitársaival együtt a rosasi várba vitette, s mivel időközben más parancsnok jött s Pablo is a tengerre szállott, ismét schwechati kereskedő lett belőle.

Arago és Berthemie a szélmalomban levő élelmiszerekkel hátukon vonultak Rosasba. Itt egy sötét kazamatába zárattak s fekete kenyéren kívül egyéb táplálékuk nem volt, mert a kapott rizst nem főzhették meg. A kazamáta előtt egy markotányosné mindenféle gyümölcsöt, szalonnát és

halat árult. Arago, hogy a gyomrát kissé helyrehozza, szeretett volna efféle élelmiszereket vásárolni, de pénze nem volt. Végre rászánta magát, hogy az atyjától kapott értékes zsebórát eladja, hogy helyzetét ily módon valamivel megkönnyítse.

Arago-nak e nyomorúlt lakást nem sokára még hitványabbal kellett fölcserélnie. A francziák Rosast ostromolni kezdték; a vár védőinek a kazamatákra szükségük volt s ez okból Arago-t és társait egy kicsiny kápolnába zárták. E kápolnában szokták volt a kórházban meghaltakat kiteríteni. Végre az őrségnek a kápolnára is szüksége volt; 1808 szept. 25-kén Arago-nak és társainak a Rosas bimbója nevű védőmű sötét pinczéinek egyikebe kellett vándorolniok. Mivel a francziáktól szorongatott őrség egy része is ide vonúlt, a foglyok innét is kiűzetek s éjnek idején a tengerpartra hajtattak, okt. 17-kén pedig a Rosastól délre fekvő Palamosba vitettek.

A társaság lakása az a ponton volt, mely őket Palamosba szállította. A foglyok egy kevés szabadságot mégis élvezhettek, mert meg volt engedve nekik, hogy néhány órára a partra meheszenek.

Arago Palamosban megismerkedett az orleans-i herczeg özvegyével, Louis-Philippe anyjával. Ez a hölgy Figuerasban lakott, de a várost el kellett hagynia, mert, a mint maga mondá, harminczkét bomba csapott a házába. A herczegné szívesen segített volna Arago-n, kinek az órájáért kapott 60 frankja már rég elfogyott, de pénze magának sem lévén, mindössze is csak egy nagyobb darab czukorral ajándékozhatta meg. Azonban Arago nem sokára gazdagabbá lett mint a herczegné. Ugyanis a spanyol kormány, hogy a francia lakosokat a nép dühétől megmentse, őket hitvány bárkákon Franciaországba expedáltatta. Egy ilyen bárka az Arago pontónja mellett vetett horgonyt. A száműzöttek közül az egyik megismerte Arago-t és burnóttal kínálta meg. Arago a szelenczét fölnyitván, benne bur-

nót helyett egy arany uncziát talált. Ez volt a száműzött utolsó vagyona, s ezt is Arago-nak szánta! Arago az uncziát elfogadta, a szelenczébe pedig egy darab papírt tett, a melyre a következő sorokat írta: "Földim, ki nektek ezt a czédulát hozza, nagy szolgálatot tett nekem, bánjatok vele úgy, mintha gyermeketek volna."

E czédula alapján értesültek Arago szülei fiuk életben létééről, mert az óra, melyet Arago Rosasban eladott, egy spanyol tiszt kezeibe került, s midőn a tiszt mint hadi fogoly Perpignanba vitétt, Arago atyja, ki minden spanyolnál fia után tudakozódott, az órát meglátta és fölismerte. Mivel pedig a tiszt az órát már harmadik kézből kapta, régi gazdájáról számot nem adhatott, tehát Arago atyja fiát meghaltnak gondolta.

A spanyolok még mindig azon törték az eszüket, hogy miként lehetne az algiri hajót tartalmával együtt valami jogosnak látszó ürügy alatt konfiskálni. Geronából egy külön bizottság (2 polgári bíró s egy inkvizitor) jött Palamosba,

hogy a foglyokat újra kihallgassa. A kihallgatás meg is történt, de más napra Arago és társai nagy meglepetésben részesültek: a geronai bírák egyike kijelenté nekik, hogy hajójukra szállhatnak s mehetnek a merre nekik tetszik.

E váratlan fordulatnak oka a következőkben rejlett. Arago még a rosasi szélmalomban a hajó kapitánya nevében megírta az algiri dey-nek, hogy a spanyolok hajóját törvénytelenül lefoglalták s hogy a két oroszlán egyike megdöglött. Ez utóbbi hír a dey-t dühbe hozta, mert a két oroszlánt Napoleonnak ajándékba küldötte. Az afrikai uralkodó, kit a francia konzul is fölbiztatott, azonnal előhívatta a spanyol konzult, az oroszlánért pénzbeli kárpótlást követelt s háborúval fenyegette Spanyolországot, ha az elfogott hajót szabadon nem bocsátják. Spanyolországnak akkoriban amúgy is elég baja lévén, nem akart új bajt fölidézni. Ez oknál fogva Geronába, innét pedig Palamosba az a parancs küldetett, hogy a hajó szabad lábra helyezzessék.

Most már semmi sem állott útjában annak, hogy Arago hazájába visszatérhessen. Az algiri hajó nov. 28-kán hagyta el a palamosi kikötőt s Marseille felé vitorlázott. Azonban Arago mohamedán útitársai szerint az égben meg volt írva, hogy abba a városba nem fogják lábukat betenni. Már a Marseille-t környező dombokon levő fehér házakat tisztán ki lehetett venni, midőn egy hirtelen szélroham a hajót egyenest dél felé sodorta.

Az elemek szeszélye a hajót az afrikai partokig vitte. Arago decz. 5-kén Budsiánál, Algirtól 30 mértföldnyire keletre, ismét afrikai földre lépett. Mivel innét a három téli hónap alatt kicsiny hajókkal nem lehetett Algirba menni, Arago pedig nem akarta a telet e szomorú helyen tölteni, elhatározta, hogy az utat a szárazföldön teszi meg. Arago Berthemie-vel és a hajó kapitányával a város kaidjához ment, hogy e szándékát bejelentse. "Ezt nem engedhetem meg, mondá rémülten a kaid, mert önöket útközben bizonyára meg fogják ölni s ekkor az önök konzulja engem a deynél bepanaszol s én a fejemet vesztettem." Midőn

Arago és Berthemie írásban adták, hogy a kaidnak nyíltan kifejezett akarata ellenére indulnak útra, s hogy ennél fogva őt felelősség nem terheli, több ellenvetésre nem találtak s útra készültek. Vezetőül egy marabutot fogadtak s neki Algírban fizetendő 20 piaszternyi díjat ígértek; a társasághoz még a hajó legénységéhez tartozó néhány mór matróz is csatlakozott.

Miután Arago a még élő oroszántól s a majmoktól (melyeknek, bizonyos férgek elpusztítása miatt, nagy hálával tartozott) elbúcsúzott, az egész társaság útnak indult.

Az út rendkívül fárasztó és veszélyes volt. Utasainkat a kabylok már az első napon megtámadták, azonban a támadás csak a kalauz ellen volt intézve. Különben a karaván mindinkább nagyobbodott, mert ahhoz folytonosan csatlakoztak kabylok, kik Algirba mentek munkát keresni s a veszélyes utat egyedül megtenni nem merték.

A harmadik éjt a szabad ég alatt, az oroszánok támadásától rettegetve kellett tölteniök. Mivel min-

den falu önálló köztársaság volt, a kalauznak mindig előre kellett mennie, hogy a kaidtól az engedélyt az átvonulásra kikérje. Az egyik faluban a lakosság fölismerte, hogy Arago és Berthemie keresztények. Az éktelen ordításból ítélve, nem lehetett kétség, hogy itt biztos halál várakozik rájuk. Ettől csak úgy menekedhettek meg, hogy a kalauz kijelenté a lakosságnak, hogy van ugyan a karavánban két keresztény, de ezek szívben és érzelemben igazi mohamedánok s csak azért indultak Algirba, hogy ott az igaz hitre térjenek. Ez megtette a hatást, s midőn Arago a kalauz figyelmeztetésére a kabylokkal együtt kelet felé fordulva a földre borúlt s velük együtt kiáltá, hogy "csak egy isten van s Mahoméd az ő prófétája", a felbőszült lakosság egészen lecsillapult.

Végre 1808 decz. 5-kén az egész társaság megérkezett Algirba, hol a janicsárok sehogy sem akarták elhinni, hogy a társaság a veszélyes útat, melyre maga a dey sem merne vállalkozni, Budsiától kezdve szárazföldön tette meg.



A francia konzul igen szívesen fogadta Arago-t, ki néhány hónapot Algirban töltött. Nem sokára megérkeztek a ládák is, melyeket Arago Budsiában hagyott. A hajó kapitánya azokat a tengeren hozta el. Mivel a budsiai kaid a ládák repedésein át valami sárgát vett észre, azt gondolta, hogy az mind arany, melyet a francziák magukkal hoztak, hogy a kabylokat föllázítsák. Ennélfogva előre értesítette a deyt a ládák tartalmáról. A mint a kapitány Algirba érkezett, a tengerészeti miniszter azonnal feltörette a ládákat, de arany helyett csak a szögmérő műszerek sárgarézből készült alkotórészeit találta.

Arago Palamosban az orleansi herczeg özvegyétől két levelet avval a megbizatással vett át, hogy az egyiket a muszka császárné anyjának, a másikat pedig az osztrák császárné kezeihez juttassa. Arago e levelek elküldésére a konzult kérte föl. Ez azonban a dologról mit sem akart tudni, sőt Arago-t megfeddette, a miért oly könnyelműen kitette magát annak a veszélynek, hogy a császár őt a Bourbonok javára kezdeményezett csel-

szövény megindítójának tarthatná! Arago a leveleket átadta egy kalóznak, ki Francziaországba indult; a levelek további sorsáról tudomást nem szerzett.

Arago algiri tartózkodása idejét az ottani viszonyok tanulmányozásával töltötte. Komolyabb veszedelemnek csak 1809 febr. havában volt kitéve. Ugyanis az uralkodó dey (a harmadik, mióta Arago Algirban először megfordult) feljogosítottnak képzelte magát arra, hogy Francziaországtól 300,000 franknyi tartozást követeljen. Miután a francia konzul kijelenté, hogy császári parancsból egy fillért sem fog fizetni, a dey háborút izent. A hadizenetnek első következménye az volt, hogy az algiri francziák mint rabszolgák a bagnóba hurczoltattak. Arago neve is a rabszolgák lajstromába került, de ennél nagyobb baj nem is érte, mert ezentúl is a konzulátus épületében maradhatott.

Végre 1809 jun. 29-kén Arago megkapta az engedélyt, hogy hazájába visszatérhessen. A ha-

jó, melyen elútazandó volt, gyapottal gazdagon megrakott három kereskedelmi hajónak fő-dözetül szolgált. A kis flotta jul. 1-én már a marseille-i kikötő közelébe jutott, midőn azt egy angol fregatta föltartóztatta, elfogottnak jelenté ki s meghagyta, hogy a Hyères szigetekre induljon, hol sorsa fölött Collingwood admirális fog dönteni. Az algiri kapitány ama kijelentésére, hogy neki csak a három kereskedelmi hajót kell földöznie, hajójával szabadon bocsájtatott, a kereskedelmi hajók pedig kelet felé hajtattak. Azonban, midőn a fregatta kapitánya a kereskedelmi hajók legénységétől megtudta, hogy a kísérő hajón is van gyapot, az angol hajó azonnal visszafordult, hogy amazt is elfogja. Arago-ra talán ismét a vizsontagságok végnélküli sora várt volna, ha most nem sikerült volna a bajtól megmenekednie: hajója a marseille-i kikötő előtt fekvő Pomégue szigeten kikötött, még mielőtt a fregatta utólérhette volna. Arago 1809 jul. 2-kán partra szállott s a veszteglő-intézetbe ment.

Arago sietett rokonait és barátait, kik őt már nem számították az élők sorába, szerencsés megérkeztéről s a kiállott veszélyekről értesíteni. Midőn ez a hír az arcueili társaságnak is tudomására jutott, Humboldt levélben üdvözölte Arago-t. Az ekkor már európai hírű tudós a fiatal Arago-t személyesen még nem ismerte, de az utóbbinak a tudomány érdekében kiállott szenvedéseit elég érdemnek tekinté arra, hogy barátságát följajánlja. Ez volt a kezdete ama nemes szövetségnek, melyet Arago, ki a barátság érzelmeit az élet legfőbb kellemei közé számította, egész életén át a leghívebben ápolt.

Miután Arago a veszteglő-intézet kellemetlenségein is túlesett, mindenek előtt családjá meglátogatására Perpignan-ba utazott. Anyja most örömében ugyanannyi misét mondatott, mint a mennyit fia lelki nyugalmaért mondatott akkor, midőn őt halottnak hívé. Perpignan-ból egyenesen Párisba ment, hogy a Bureau des Longitudes-nek és az akadémiának előterjeszsze észleleteit,

melyeket a sok viszontagság daczára a pusztúlástól megóvott.

IV. Arago az akadémia tagjává, a Bureau des Longitudes adjunktusává és politechnikai iskolai tanárrá lesz.

Arago 1809 szept. 18-kán, tehát kevéssel megérkezése után, az akadémia tagjává választatott.

Ez a választás nem járt nehézség nélkül. Laplace azon volt, hogy Arago megválasztása addig halasztassék, míg a geometriai osztályban is megürül egy hely, hogy Arago Poisson-nal egyidejűleg választassék meg. Laplace-nak sehogyszem tetszett, hogy a huszonhárom éves Arago az öt évvel idősebb Poisson előtt, a tanítvány tanítója előtt jusson az akadémiába s a választást megelőző napon mindent elkövetett, hogy terve sikerüljön. Végre Arago-nak azt az ajánlatot tétette, hogy írjon az akadémiának s jelentse ki, hogy csak akkor kíván az akadémiába lépni, ha egy hely Poisson számára is megürül. Arago ezt a nyilatkozatot kereken megtagadta. "Ha ezt a nyi-

latkozatot tenném, így vélekedett Arago, akkor e híres testület tudósai jogosan kérdezhetnék: ki mondja önnek azt, hogy önre valaki gondolt? Ön azt útasítja vissza, a mivel meg sem kínálták."

Laplace látván, hogy így sem boldogúl, azt állította, hogy Arago érdemei még nem elegendőek. Ez állítás ellen Arago-t Lagrange vette pártfogásába. Lagrange, ki a dicséreteket nem igen osztogatta, midőn Arago-ról volt szó, nem egyszer mondá Humboldt-nak: "Ez a fiatal ember még sokra fogja vinni. "Ugyancsak Lagrange most Laplace-nak a következőket mondá: "Uram, midőn Ön az akadémiába lépett, valami kiválót még Ön sem hozott létre. Akkor Ön csak reményekre jogosított föl, híres fölfedezéseit csak ezután tette." Különben Arago maga, hogy mindenki megítélhesse, hogy mennyiben tarthatott igényt az akadémiái székre, a következőket sorolja föl:

"Midőn a politechnikai iskolából kiléptem, a légköri sugártörés állandó számainak meghatáro-

zása végett Biot-val közösen egy igen terjedelmes és gondos vizsgálatot hajtottam végre.

A különféle gázok refrakcióját is meghatároztuk; oly vizsgálat volt ez, melyben senki sem előzött meg bennünket.

A levegő és a kéneső súlya közötti viszonyt pontosabban határoztuk meg, mint bárki azelőtt, s ez által a barométeres magasságmérésre szolgáló formulában levő állandót közvetetlenül kiszámítottuk.

A párisi obszervatóriumon két éven át éjjel és nappal, gondos észleleteket tettem.

Bouvard-ral egyesülve a Hold librációjára vonatkozó észleleteket tettem. Különféle üstökösöket észleltem s pályáikat kiszámítottam s Bouvard-ral Laplace képlete alapján kiszámítottam azt a refrakció-táblázatot, mely a Bureau des Longitudes gyűjteményeiben s a Connaissance des Temps-ban található.

A fény sebességére vonatkozó vizsgálatommal bebizonyítottam, hogy ugyanaz a refrakció-táblázat a Napra s valamennyi csillagra egyaránt érvényes.

Végre, a legnehezebb körülmények között imént fejeztem be a legnagyobb fokmérést, mely valaha végrehajtatott.

Ez érdemeket Laplace is kénytelen volt elismerni. 52 szavazat közül Arago-ra 47 esett; Poisson 4-et, Nouet 1-et kapott.

Miután a császár Arago megválasztását megerősíté, az utóbbinak, az akkoriban uralkodó rend szerint, be kellett magát mutatnia.

Az újonnan megválasztott tagok az elnökkel s mind a négy osztály titkárával, valamint azokkal a tagokkal, kik a császárnak valamely különös munkát akartak ajánlani, a kijelölt napon a tuileriák egyik termében gyűltek össze s itt a császár a zöld kabátos tudósok fölött olyan szemleformát tartott. Arago-ra nézve ez a czeremónia már önmagában véve kellemetlen volt, de még kelle-



metlenebbé tette azt az akadémikusok némelyikének az a gyengéje, hogy szerette magát a császár előtt föltünővé tenni. "Ön igen fiatal, mondá a császár Arago-hoz közeledve, mi az Ön neve?" Ez egyszerű kérdésre Arago-nak jobboldali szomszédja azonnal felelt. "Az ő neve Arago." - "Melyik tudománnyal foglalkozik Ön?" kérde tovább a császár. A baloldali szomszéd rögtön előállott: "Ő az asztronómiával foglalkozik." - "Mit tett ön eddigelé?" - A jobboldali nagy sietséggel válaszolá: "Ő legújabban megmérte a spanyol déllőt." A császár végre azt gondolván, hogy valami némával vagy bárgyúval van dolga, egy másik tudós felé fordúlt.

Az akadémiai választás után Arago-nak még csak a katonai hatósággal volt a következő kis baja: Midőn Arago Spanyolországba utazott, névleg még a politechnikai iskola növendéke volt, de mivel a katonai ellenőrző lajstromban csak 4 évig szerepelhetett mint növendék, figyelmeztették, hogy a kellő időre térjen vissza s az utolsó vizsgálatot tegye le. Azonban Arago a Bu-

reau de Longitudes adjunktusává neveztetvén ki, a katonai nyilvántartás igazgatója, Lacuée, a ki-nevezést úgy tekinté, mint a melylyel Arago kötelezettségei alól fölmentetett. De Lacuée utódja, Mathieu Dumas, másképen fogta föl a dolgot s meghagyta Arago-nak, hogy vagy helyettest küldjön, vagy pedig személyesen álljon be a seregbe. Miután minden reklamáció sikertelen maradt, Arago megizente Dumas-nak, hogy be fog rukkolni, még pedig az Institut tagjainak egyenruhájában, s így fog Páris utczáin végig masirozni. A tábornok, félvén attól, hogy ez a jelenet a császárra, ki maga is az Institut tagja volt, kellemetlen benyomást találna gyakorolni, zaklatásaival egészen föl hagyott s Arago ez időtől fogva minden idejét a tudományoknak szentelhette.

Arago Humboldt társaságában Közép-Ázsiába utazást akart tenni. Épen midőn ez utazás tervével foglalkozott, Monge őt az obszervatóriumon fölkereste s föl kérte, hogy politechnikai tanszékét vegye át. Monge az analízis alkalmazását a

geometriára adta elő. Arago szabadkozott s monda, hogy e tárggyal behatóan még nem foglalkozott. De végtére is Monge biztatásainak nem állhatott ellen s az ajánlatot elfogadván ki is neveztetett.

Ez a kinevezés akkoriban nagy föltűnést keltett, mert senki sem értette, hogy miért nem akarta Monge, hogy utódjává a repetitora, Binet legyen. Azonban Binet, továbbá a chemia repetitora s több más fiatal ember egy jezsuita szellemű gyülekezet tagjai valának s e miatt a császár Monge-ot megdorgálta. Az utóbbi a császár nyilatkozatai után épen nem volt hajlandó arra, hogy Binet legyen az utódja.

S most elérkeztünk főadatunk ama nehéz részéhez, melyben Arago tudományos tevékenységét kell megismertetnünk.

Az a körülmény, hogy Arago a fizikának mindegyik ágát művelte s e mellett az egyes tanokat az ég fizikájára, a meteorológiára s a fizikai geografiára egyaránt alkalmazta, fölment

bennünket a chronológiai szigorú sorrend megtartásától. Lássuk először optikai munkáit.

V. Az aberráció és a fényhipothézisek. - Aragonak interferenciai kísérletei.

A fizikának valamennyi ága között az optika volt Arago előtt a legkedvesebb. Ő maga többször mondá, hogy már kora ifjúságában Bouguer, Lambert és Smith műveinek olvasása által különös kedvet kapott mindahhoz, mi a sugártörésre vonatkozik. S valóban, Arago-nak optikai első vizsgálatai a sugártörésre vonatkoznak. Az optika iránti hajlama egész életén át megmaradt; az asztronómiai sugártörés, a csillagok szikrázó fénye, a tenger és a felhők színváltozásai és a délibábok épen úgy érdekelték, mint a kettős törés, a polározódás, az interferencia és a diffrakció.

Természetes, hogy Arago, ki már első munkáival is az optika mezejére lépett s kezdettől fogva élénk figyelemmel kísérte az optikára vonatkozó külföldi tudományos mozgalmakat, különös figyelemmel volt az optikai elméletek vitás kérdé-

seire. Young eszméi nála termékeny talajra találtak s egész lelkesedéssel csatlakozott Huyghensnek régi, de sokáig mellőzött elméletéhez. Tudományos kiképzése módjánál fogva nem állott semmi tekintélynek különös befolyása alatt, minél fogva éles ítélő tehetsége annál szabadabban mozoghatott s habozás nélkül hajolhatott arra az oldalra, melyre tudományos meggyőződése terelte. Meglepő fölfedezései a hullámelmélet fejlődésének mindmegannyi hatalmas rúgói valának, de annál kényelmetlenebbek voltak az emisszióelméletre nézve. De Arago-ban nemcsak a szerencsés föltalálót, hanem még az új elvek erős védelmezőjét is látjuk, s bár minden reformtörekvése daczára sem volt olyan radikális mint barátja és gyakran munkatársa, a híres Fresnel, az elméleti optika újjáteremtésében mégis kiváló érdemeket vívott ki magának.

Arago már első vizsgálataival is a fényhipothézisek kritikájára adott alkalmat. A hipothézisek kölcsönös harczában a különböző fénytüneményeknek mintegy próbakövekül kellett szolgálni-

ok; így esett meg, hogy a fény aberrációja is a fényhipothézisek szempontjából vonatott a vizsgálatok körébe.

Bradley e tűneményt a föld és a fény mozgásainak kombinációjából magyarázta ki. Ez a magyarázat föltételezi, hogy a fény a mozgó föld légkörén épen úgy hatol át, mintha a föld nyugodnék, vagyis, hogy a mozgó légkör a fény mozgását nem módosítja. Ily föltevés mellett az aberráció tisztán kinematikai probléma. Ha azonban a tűnemény geometriai természete mellett még a fény mibenlétére vonatkozó hipotéziseket is figyelembe vesszük, akkor a probléma fizikaivá válik s a fölvett fényhipothézisnek a tűnemény törvényeivel összhangzásban kell lennie.

Az emisszió-elméletben, legalább az első látzat szerint, semmi nehézségre sem találunk. Itt a fény anyagi állományú s mint ilyen épen úgy hatol át a nyugvó, mint a mozgó légkörön. Ellenben a hullámelméletben a fény maga nem anyag, hanem egy hipotézises anyagnak rezgő mozgása, s

ha a fényterjedését közvetítő emez anyag a földdel együtt elmozdul, akkor az aberráció tüneteiben is bizonyára észlelhető módosulásnak kellene beállania. Mivel pedig partikuláris módosulások nem észleltetnek, föl kell tennünk, hogy a mozgó légkör az étert tova nem viszi, vagyis hogy a súlyos testek az éterre hatást nem gyakorolnak. Azonban a kettős törő anyagok kétségtelenül tanúskodnak arról, hogy az éter és a súlyos test részecskéi egymásra hatnak; ha tehát a levegő és az éter között hatást nem tételezünk is föl, annyira még sem mehetünk, hogy a kölcsönhatást a szilárd testektől is elvitassuk. E szerint az aberráció megfigyelésére használt messzelátókon levő üveglencsék vastagságának a tünetnyre befolyással kellene lennie, azonban ilyen befolyás egyáltalában nem tapasztalható.

Arago azt a föladatot tűzte ki magának, hogy az itt fölmerülő elméleti nehézségeket eloszlassa. E végből a messzelátó elé prizrát tett s kimutatta, hogy azon csillagok fénye, melyek felé a Föld közeledik, ép oly erős törést szenved, mint azo-

ké, melyektől a Föld távolodik. Hogy az efféle bizonyítási eljárásnak elvével megismerkedjünk, elég, ha föltételezzük, hogy a messzelátó tárgylencséje elé prizmát teszünk, s evvel megtörjük a sugarait először oly csillagnak, mely az ekliptikának azon a részén van, mely felé a Föld közeledik, másodszor pedig oly csillagnak, mely az ekliptikának az előbbenivel átellenben levő részén van. Az első esetben úgy tekinthetjük a dolgot, mintha a prizma, azaz a Föld nyugodnék s a fény sebessége a Föld sebességével szaporodnék, a második esetben pedig, mintha a Föld ismét nyugodnék, de a fény sebessége a Föld sebességével kisebbítenék. Mivel pedig a törés-mutató nem egyéb, mint a fény sebessége a külső közegben, osztva sebességével a prizmában, nyilvánvaló, hogy a törés-mutatónak a két esetben különbözőnek kell lennie, s a különbségnek, mint ezt a fénysebesség viszonylagos növekedéséből és fogyásából előre kiszámíthatjuk, mintegy 10-15 másodperczre kellene rúgnia. Már pedig az



Arago észleletei az eféle különbségnek még csak a nyomait sem derítették föl.

Arago észleletei teljes ellenmondásban vannak az emisszió-elmélettel, mert itt maga a fény mozgó anyag lévén, sebessége viszonylagos növekedésének vagy fogyásának a mondottuk különbséget okvetetlenül elő kellene idéznie.

De Arago észleleteinek negatív eredményeiről a hullám-elmélet sem adhat számot. Ha föltehetnők, hogy a szilárd testek a bennük levő éterre hatást nem gyakorolnak, tehát mozgásuk közben az étert nem viszik magukkal, vagy ha ezt a föltevést legalább is a levegőre alkalmazhatnók, a nehézség el volna oszlatva. Már itt jegyezhetjük meg, hogy az imént jelzett nehézségek eloszlatására Fresnel azt a hipotézist állította föl, hogy a mozgó súlyos testek magukkal viszik ugyan az étert, de ez az étermennyiség a test molekuláitól megsűrített éternek csak egy része, nevezetesen a testben tényleg meglevő s az ugyanakkora térfogatú üres (azaz súlyos anyagot nem tartalmazó)

térben levő éternek különbsége. Fresnel e hipotézissel a hiányzó összhangot létrehozta.

Young az interferenciák elvével a hullámelméletet tetemesen megszilárdította, azonban, mivel az elvet első sorban a diffrakció tüneteire alkalmazta, oly tünetényeket vett figyelembe, melyekben a fény fizikai módosulásokat már amúgy is szenvedett. Az elvet teljes szigorúsággal Fresnel bizonyította be, a mikor híres tükrök-kísérletében a visszavert sugarakat közvetlenül interferáltatta.

Fresnel kísérletei Arago-nak egy nagyon fontos észleletre adtak alkalmat. Arago az interferáló nyalábok egyikének útjába üveglapot tett, s az interferencia-csíkok teljesen eltűntek.

Fresnel e tünetény okát annak tulajdonította, hogy az üveglapon átmenő sugarak, Huyghens elméletének megfelelőleg, lassabban haladtak; továbbá abban a nézetben volt, hogy ha az üveglap helyett igen vékony, átlátszó lemez (péld. csillám-lemez) használnánk, a csíkok ismét lét-

rejönnének, de az átlátszó lemez oldala felé eltolatnának. A kísérlet teljesen igazolta Fresnel nézetét.

Mindezek a kísérletek az emisszió-elmélettel teljesen ellenkeznek, holott a hullámelméletben egyszerű és természetes magyarázatra találnak. Ugyanis a középső csík oly sugarak találkozásából ered, melyek a két tükröképtől a csíkiig terjedő utat egyenlő idők alatt futották be; ha most az egyik sugarat útjában késleltetjük oly közeg által, mely a fényt a levegőnél erősebben töri, akkor, hogy az idők egyenlősége tovább is fönmaradjon, kell, hogy az utóbbi sugár rövidebb utat fusson be, tehát a csík közelebb fog esni ahhoz a tükröképhez, a melyiknek oldalán az átlátszó lemez van.

Arago észlelete még egy fontos következményt vont maga után. Ugyanis a középső csík eltolódásából, a közbetett lemez vastagságából és a fény hullámhosszából a lemez törés-mutatója pontosan meghatározható. Mivel a meghatáro-

zásra szolgáló adatok függetlenek a sugártörés törvényeitől, nyilván való, hogy abban az esetben, ha az ily módon meghatározott mutatónak értéke a közönséges módszerek szerint meghatározottal összevág, az eljárás a hullámelméletet kísérletileg megerősíti.

Arago és Fresnel 1818-ban ily módon határozták meg a száraz és a nedves levegő törés-mutatóinak viszonyát; később e kísérleteket Arago egyedül ismételte. Ugyanerre az elvre alapította Jamin az interferenciális refraktornak nevezett készüléket, mely a gázok törés-mutatójának és az összeszorított víz törőképessége változásainak meghatározására szolgál. Sőt Fizeau nemcsak a törés-mutatónak hőmérséklet okozta változásait hanem még a kristályos szilárd testek hőokoza tágulását is meghatározta.

Arago az interferenciák elvét még egy asztromiai tüneménynek, a csillagfény szikrázásának kimagyarázására is alkalmazta. E tünemény, mely különben az észlelőtől igen messze levő

földi fényforrásokon is észlelhető, a csillagok fényerősségének hirtelen változásaiból, s a fényesebb csillagoknál még az azt kísérő hirtelen színváltozásokból áll s jelentéktelen az oly csillagoknál, melyeknek látszólagos átmérője, mint például a bolygóké, jelentős.

E tűnemény kimagyarázására Arago előtt három különféle hipotézis volt forgalomban. Az első hipotézis a tűneményt a fényforrástól messze levő szem ingadozásainak, a második a csillagok fényerőssége tényleges változásainak, végre a harmadik a levegő-rétegek fénysugarakat eltérítő mozgásainak tulajdonította. Az első két hipotézis szerint a szikrázásnak a légkör állapotától függetlennek kellene lennie, holott az észleletek az ellenkezőről tanúskodnak; a harmadiknak van ugyan némi alapja, mert erős légáramok a tűneményt elősegítik; de ha valamely csillagot távcsővel szemlélünk, akkor is csak hirtelen intenzitás-változásokat észlelünk; holott a harmadik hipotézis szerint, a fényérzet folytonossága miatt,

mint a gyorsan mozgatott üszöknél, fényes vonalakat kellene látnunk.

Arago a tűneményt a látóidegre érkező sugarak interferenciájának tulajdonította. A légrétegek mérsékletében vagy higrométeres állapotában levő bármily csekély különbségek elegendők arra, hogy a közel egymásmellett haladó sugaraknak bizonyos útkülönbségük legyen s ez által egymást erősítsék vagy gyengítsék s bizonyos színű sugarak elenyésztetésével színtűneményeket hozzanak létre. Mivel pedig a légrétegek állapota minden pillanatban változik, a hirtelen intenzitás- és színváltozások érthetőkké válnak.

Továbbá, mivel az oly égitesteknél, melyeknek látszólagos átmérője jelentős, az interferencia föltételei az égitest képének minden egyes pontjára mások, azoknak fénye megközelítőleg állandó, kivéve a széleket, melyeken néha tisztán észrevehető szikrázások láthatók.

Arago nem elégedett meg a tűnemény magyarázatával, hanem annak pontosabb meghatározására külön készüléket (scintillométer) szerkesztett.

Az intenzitás- és színváltozások mérésének eszméje nem volt új. A XVII-ik században Simon Marius e célra a messzelátóból a szemlencsét kivette s a tárgylencse gyújtópontjában keletkező képet közvetetlenül szemlélte. Nicholson a messzelátónak gyenge lökéseket adott, mi által a csillag képe fényes görbe vonallá húzódott szét, s ennek a vonalnak különböző pontjain levő színeket észlelte. Arago-nak scintillométere szintén messzelátó; ha ugyanis a szemlencsét folytonosan beljebb toljuk, azt látjuk, hogy a csillag képe folytonosan nagyobbodik, végre a kép közepén fekete foltot veszünk észre. Abban a pillanatban, melyben a foltot először észreveszszük, a szemlencsét megállítjuk s a csillag szikrázása miatt azt fogjuk tapasztalni, hogy ez a folt hol elenyészik, hol ismét létrejő, tehát a bizonyos időben végbemenő szikrázások száma meghatározható.

Midőn Arago-nak interferencia-kísérleteiről van szó, nem lehet említés nélkül hagyni ama szép és a tranzverzális rezgések elvére nézve döntő fontosságú kísérleteket, melyeket Fresnel-lel együttesen hajtott végre, s a melyekkel a polározott fény interferenciájának törvényeit vezette le. E kísérletekre Fresnel-nél még visszatérünk; most csak egyet akarunk fölemlíteni.

Az emisszió-elmélet híveinek még az Arago és Fresnel kísérletei után is az a kedves eszméjük volt, hogy az interferenciák tünetényei szubjektívek, azaz a látóideg különös tulajdonságaira vezetendők vissza. Az e fajta magyarázatokat Arago avval czáfolta meg, hogy a csíkokat ezüst-chlorürrel impregnált papiroson fogta föl, lefotografózta. A világos csíkok sorának a papíron sötét, a sötét csíkok sorának pedig a papíron világos csíkok feleltek meg. Látni való, hogy Arago az interferencia-kísérleteket az optika különféle ágaira gyümölcsöző módon alkalmazni s velük a hullámelmélet fejlődését előmozdítani egyaránt tudta.



## VI. A színes polározódás.

Ezt az új tűneményt Arago 1811-ben fedezte föl.

Arago már régebben észrevette, hogy az ég kék fénye rendszerint polározva van, mit a felhők szétszórt fényén soha sem tapasztalt. Midőn egy ízben a derült eget mézspát-kristályon át ismételve nézegette, a prizma elé véletlenül csillámlemez tett. Az ekkor látott tűneményeket a következőképen írja le:

"A derült égen át elég vékony csillámlemez mézspátprizmával szemlélvén, azt vettem észre, hogy a légkörre vetődő két képnek nem volt ugyanaz a színe: az egyik zöldes sárga, a másik pedig bíborvörös volt, ellenben ott, a hol a két kép összeesett, a csillámnak szabad szemmel látható természetes színe mutatkozott. Ugyanekkor még azt is vettem észre, hogy a mint a lemeznek a rajta átmenő sugarakhoz való hajlása megváltozott, a két képnek színei is módosultak, s hogy ugyanazon hajlás s a prizmának ugyanazon állása

mellett a lemezt saját síkjában forgatván, egymásra függélyes négy állás mutatkozott, mely állásokban a prizmabeli képek egyenlő fényesek s majdnem teljesen fehérek valának. Hasonlóképen a lemez változatlan helyzeté mellett a prizmát forgatván, az egyes képek egymásután különbözőféle színeket vettek föl s minden negyed körforgatás után a fehérén mentek át. Általában, a prizma és a lemez mindegyik helyzetében, bármi lett legyen is az egyik nyaláb színe, a másiké mindig a megfelelő kiegészítő szín volt, olyformán, hogy ama pontokban, melyekben a két kép a kristály kettős törésétől szétválasztva nem volt, ama két szín keveréke fehér volt. Azonban meg kell jegyezmem, hogy az utóbbi föltételnek csak akkor lehet eleget tenni, ha a lemez mindenütt egyenlő vastag. Valóban, csakis ekkor van mindegyik képnek egész terjedelmében ugyanaz a színe, mert minden más esetben a képek színei még az érintkező pontokban is nagyon sokfélék s annál szabálytalanabbak, mennél több egyenlőtlen-ség van a használt lemezben. De bármiképen áll-

jon is a dolog, a képek egymásnak megfelelő részei mindig kiegészítő színűek.

Mint említettük, Arago már azelőtt is észrevette, hogy az ég kék fénye polározva van, minélfogva az észleleteket a beeső fény polározódásának tulajdonította. S valóban, a színtünemények mindig létrejöttek, midőn a csillámon át bármely módszer szerint polározott sugarakat vezetett. Némely kísérletében úgy állította a kettős törő kristályt, hogy ez a rája eső polározott fényt teljesen kioltotta, s midőn egy kristályos vékony lemezt eléje tett, két színes képet látott, s ha ez a két kép egymást részben áthatolta, a közös részük mindig fehér volt. Ugy látszott tehát, hogy a kristályos lemez a beeső fény polározottságát - legalább bizonyos színekre nézve - megszünteti, minélfogva Arago a tüneményt polározatlanításnak nevezte.

A következő évben Arago az egész tüneményt tüzetes vizsgálat alá vetette; a mézspát-prizmának színtelenítése által kimutatta, hogy a tüne-

mény a színszórás eredménye nem lehet. Az észleleti eredmények közül a legmeglepőbb az volt, hogy a képek színe függ a lemez vastagságától s attól az iránytól, melyben a lemez a kristályból kimetszetett. Mikor a lemez vastagsága bizonyos határt elért, a színek eltűntek, s épen így a rendkívül vékony lemezeknél is eltűntek. Mindezekből Arago eleintén azt következtette, hogy a tünenémény visszavezetendő a Newton színgyűrűire, melyek itt a vékony lemezben képződnek; a kettős törő anyagokat számtalan egyszerű törő lemezből képzelte összetettnek s föltette, hogy a lemezek közötti hézagok üresek vagy levegővel vannak kitöltve. Úgy látszott, mintha a színek igen finom gyűrűk alakjában már a kettős törő lemezekben is meg lettek volna, s mintha a mészpátprizmának csak az lett volna a föladata, hogy az egyes színeket széthúzza; Arago azonban csakhamar átlátta, hogy a színgyűrűknek a tünenéményhez semmi közük. Valóban, a színtelenítő prizma a különböző színeket egyformán törte, tehát a prizmával szemlélt színek csakúgy szorúl-

tak volna össze, mint a szabad szemmel látottak a csillámlemezben.

A mint Biot Arago fölfedezésével megismerkedett, azonnal hozzáfogott a tünemény kísérleti törvényeinek megállapításához. Három egymásután következő évnek (1812-1815) folyamában a legnagyobb gonddal és kitartással végrehajtott kísérleteivel levezette mindazokat a törvényeket, melyeknek a színes polározódás elméletének megfelelniök kell. Az irányokat, melyekben a törvények keresendők valának, Arago előzetes vizsgálatai már kijelölték.

Biot kísérleti törvényei a következők:

1. Ha valamely kettős törő lemezre a polározott sugarak függélyesen esnek, akkor a kettős törő analizátoron át szemlélt képek színei állandók, azaz, ha a lemezt vagy az analizátort forgatjuk, a színeknek csak az intenzitása változik, még pedig úgy, hogy a két szín a fehéren keresztül egymásba átmegy.

2. A két kép színtelen, ha a lemez főmetszete a polározódás eredeti síkjával párhuzamos vagy erre merőleges, valamint ha az analizátor főmetszete a lemez főmetszetével párhuzamos vagy erre merőleges. Következésképpen általában négy olyan helyzet van, melyekben a képek színtelenek.

3. Ha különben egyenlő körülmények között csakis a lemez vastagságát változtatjuk, a képek színei ugyanazon törvény szerint változnak, mint Newton színgyűrűi, azaz a különböző színeknek megfelelő lemez-vastagságok arányosak az ugyanazon színeket visszaverés vagy törés által előidéző levegőrétegek vastagságával. Ha a lemez vastagsága bizonyos határon túlmegy, színes képek nem keletkeznek s a lemez a polározott sugaraikat két egymásra merőlegesen polározott nyalábra osztja; ha pedig a vastagság ezt a határt még nem érte el s csak közel van hozzá, az előbbeni két nyaláb nem válik teljesen szét, s közös részüknek (föltéve, hogy intenzitásuk egyébként

egyenlő) a természetes fényéhez hasonló tulajdonsága van (teljes polározatlanítás).

4. Ha a kristálylemeznek irányát a beeső sugárhoz képest megváltoztatjuk, a képek színei is megváltoznak; az eredmény ugyanaz, mintha a lemez vastagsága nagyobbodott, esetleg kisebbedett volna.

5. Egyenlő körülmények között a képek színei függenek az iránytól, melyben a lemez a kristályból kihasíttatott.

6. Két egymásra tett lemeznek hatása épen olyan, mint egy egyedüli lemezé, melynek vastagsága egyenlő a két lemez vastagságának összegével vagy különbségével, a szerint a mint a főmetszetek párhuzamosak vagy egymásra merőlegesek.

Biot eme törvényei, melyek az Arago észleleti eredményeihez közvetetlenül csatlakoznak, minden egyes esetre minden egyes esetre kiterjeszkedő gondos vizsgálatoknak eredményei valának. A tünemény elméletének kifejtésére, akár az

emissziós, akár a hullám-elméletben, döntő fontossága volt azoknak az észleleteknek, melyek a lemezvastagságok befolyását tüntették elő. Ez észleletek nyíltan föltüntették, hogy az elméleti tárgyalásban a főszó a lemezvastagságokkal összefüggő periodusos ismétlődésekre fektetendő, s hogy minden hipotézisnek, mely a tüneményről számot akar adni, a periodicitás elvét alapelvei közé kell sorolni. Biot, midőn e tüneményt az emisszió-elmélettel akarta kimagyarázni, szintén nem kerülhette el a periodicitás elvét.

Az emisszió-elméletben a polározódás megmagyarázására föl kell tennünk, hogy a fénymolekulák egy bizonyos tengely körül, a polározódás tengelye körül részarányosan vannak elhelyezve. A természetes fényben a molekulák tengelyei merőlegesek, a sugár irányára, de máskülönben minden képzelhető irányt vehetnek föl, ellenben a teljesen polározott fényben a molekulák tengelyei egy és ugyanabba a síkba esnek. Biot, hogy a színes polározódás tüneményeiről számot adjon, egy új elméletet, a mozgó poláro-



zódás elméletét állította föl. Biot ugyanis föltette, hogy midőn egy polározott sugár valamely kettős törő közegbe hatol, a molekulák tengelyei, mielőtt a végleges új helyzetbe jönnének, rezgő mozgásokat végeznek. E mozgásokat a lemezvastagságokkal kombinálván, levezette a szintüneményeket. Azonban Biot elmélete, a hullámelméletnek tett engedmények daczára is rendkívül nehézkes, s arról, hogy honnét ered a molekulák hirtelen rezgése és megállapodása, egyáltalában nem ad számot.

Biot munkái épen oly hatalmas fegyvert adtak a hullámelmélet hívei kezébe, mint annak idején Newton-nak a színgyűrűkre vonatkozó vizsgálatai. Hogy a Newton adta fegyvert sokáig nem használták, ennek főoka a tekintélylyel való ellenkezés iránti félelemben rejlik; Biot munkáival szemben ilyes félelemnek nem volt ugyan helye, de egy másik körülmény nagyon megnehezíté a színes polározódásnak a hullám-elmélettel való magyarázatát. A színgyűrűknél a fény fizikai szerkezetére nézve valami különös hipothézist

fölvennünk nem kell, az egész tüneményt elvégre úgy tárgyalhatjuk, mintha természetes fénynek volna dolgunk. Ellenben a színes polározódás tüneményei már szerves összefüggésben vannak a fénynek egy sajátos módosításával, a polározódással. A dolog természetében rejlik, hogy mindaddig míg a hullámelmélet a polározódással el nem bánt, a színes polározódással sem boldogulhatott. A föladat megfejtése az utóbbi mindkét irányban Fresnel érdeme, mert Young, ki Biot számbeli eredményeit az interferenciák elvével kombinálta, a valódi elmélethez csak igen kevésbé közeledett. A valódi elmélet kifejtésében Arago-nak az a közvetett érdeme van, hogy Fresnel-lel együttesen megállapította a polározott fény interferenciájára vonatkozó törvényeket, melyek Fresnel-t a föladat teljes megoldására vezették.

A színes polározódás föltalálásának módja Arago-t az ég fényének tüzetesebb tanulmányozására vezette. Így fölismerte, hogy a Nap, az észlelő és a szembe jövő sugár egy síkban fe-

küsznek, a mi világosan mutatja, hogy az ég fénye visszaverődés által van polározva. Arago továbbá azt találta, hogy a polározódás a Naptól  $90^\circ$ -nyira levő pontban éri el maximumát, föltéve, hogy a Nap magassága a  $30^\circ$ -ot nem haladja meg. Ama ponttól kezdve a polározódás fogyatkozik s a Nappal ellenkező oldalon,  $15$ - $20^\circ$ -nyi magasságban a látóhatár fölött elenyészik. (Semleges pont.) E pont alatt a polározódás síkja merőleges a visszaverődési síkra.

Később Babinet közel a Nap fölött még egy második semleges pontot, végre Brewster a Nap alatt egy harmadikat talált. Ez utóbbi pontok jelenlétéről csak akkor lehet meggyőződni, ha a Nap a látóhatár fölött csekély magasságban van.

## VII. A forgató polározódás.

Arago ezt a szintén új tűneményt a színes polározódással egyidejűleg fedezte föl. Midőn a kristályos lemezeknek a polározott fényre gyakorolt hatását tanulmányozta, a többi között egy, a tengelyére merőlegesen metszett kvarclemezt is

megvizsgált. A mutatkozó tünetmények teljesen eltértek az egytengelyes egyéb kristályok tünetményeitől. A főtengelyükre merőlegesen metszett egytengelyes kristályok a rájuk merőlegesen eső polározott sugarakat általában véve nem módosították s az analizátorban színes képeket nem adtak, holott az ugyanígy metszett kvarczlemez a rája merőlegesen eső sugarakat két nyalábra osztotta s két igen élénk kiegészítő színű képet kapott.

E képek a többi lemez által előidézettektől lényegesen abban különböznek, hogy színeik nem változnak, ha a kvarczlemezt a tengelye körül forgatjuk, továbbá, hogy e színek fokozatos változáson mennek át, ha az analizátor főmetszetének helyzetét a polározódás eredeti síkjához képest változtatjuk. Arago kimutatta, hogy a beeső sugarak polározva maradnak, de a polározódás síkja bizonyos szöggel, mely a színnel együtt változik, elfordul.

Arago ezt a fölfedezést a színes polározódással egyidejűleg mutatta be az akadémiának. Biot az új tünemények eme csoportját is kiváló figyelemre méltatta, s 1815-ben, ide vonatkozó vizsgálatai alkalmával, véletlenül azt a nevezetes fölfedezést tette, hogy a kvarcz mondottuk tulajdonságával más testek is, melyek nem is kristályosak (nevezetesen némely folyadék) szintén bírnak. Ugyanis a mozgó polározódás elveitől vezérelt vizsgálatai közben azt a kérdést vetette föl, vajjon nem változnak-e a lemezek színei, ha a külső közeg törés-mutatója jelentékenyen változik. Első kísérleténél a terpentinolaj gőzeit használta s némi sajátságos változást csakugyan vett észre. Már most önként fölmerült az a kérdés, vajjon maga a terpentinolaj nem gyakorol-e hatást a polározott fényre. Biot eltávolította a kristályos lemezt s a polározott fényt terpentinolaj-rétegen vezette át. Ekkor nem csekély meglepetésére azt tapasztalta, hogy most is két kiegészítő színű kép keletkezik, s hogy a színek az analizátor helyzetével változnak. Biot a kísérletet homogén fénynyel is végre-

hajtván, alaposan meggyőződött, hogy a terpen-  
tinolaj épen úgy viseli magát, mint a tengelyére  
függélyesen metszett kvarcz: a folyadék a polá-  
rozódás síkját a folyadékoszlop vastagságával  
arányos szöggel elfordította.

A folyadékok molekulás szerkezete minden  
irány szerint ugyanaz, s épen ez a körülmény tet-  
te a tűneményt föltünővé. Azonban a tényekkel  
szemben a kétkedéseknek nem lehetett helye, ki-  
vált midőn Biot később kimutatta, hogy nemcsak  
a terpentinolajnak, hanem általában az illó ola-  
joknak, továbbá némely szerves oldatnak (czu-  
kor, gummi, borkősav, stb.) is van forgató képes-  
sége. Az ezután következő terjedelmes vizsgálá-  
tok földerítették, hogy igen sok testnek van for-  
gató képessége, s hogy ez a képesség nincs a hal-  
mazállapothoz kötve, minélfogva végtére a teste-  
ket, a szerint a mint a polározódás síkját forgat-  
ják vagy nem forgatják, két nagy csoportra, az  
aktív és inaktív testek csoportjára kellett osztani.

Biot a forgató polározódás tünetényeit oly ki-tartó buzgalommal tanulmányozta, hogy már 1818-ban kimondhatta a következő törvényeket:

1. A polározódás síkjának forgatása arányos a kvarcsemez vastagságával.

2. Némely test a polározódás síkját jobbra for-gatja, mások balra forgatják. (A jobbra forgatás iránya az óramutató mozgásának irányával egye-zik meg, a balra forgatásé az ellenkező.)

3. Ugyanannál az aktív testnél a forgatás a szín törékenységgel növekszik s körülbelül fordított viszonyban van a hullámhossz négyzetgyökével, a legkisebb tehát a vörös, s a legnagyobb az ibo-lyaszínű fénynél.

A harmadik törvényből következik, hogy a fe-hér fény, mint különböző színű sugarakból ösz-szetett fény, a forgató polározódás által színszó-rást szenved.

Nem lévén célunk, hogy Biot-nak és más fizi-kusoknak specziális vizsgálatait, valamint a tüne-

ménynek a mineralógiára, a növény-fiziológiára, különösen pedig a chemiára és a chemiai technológiára való befolyásait is megismertessük, itt még csak azt akarjuk megjegyezni, hogy Arago-nak ez a fölfedezése is a hullámelmélet fejlődésére kiváló hatást gyakorolt. Már 1822-ben sikerült Fresnel-nek a tüneményt a hullám-elmélet segítségével kimagyaráznia. Azonban Arago korántsem talált megnyugvást abban az érdeemben, hogy találmányaival annyi kiváló dolgozatnak megindítójává lett, sőt ellenkezőleg, a polározódásra vonatkozó minden tárgyat beható vizsgálat alá vetett. A következőkben idetartozó eredeti dolgozataival fogunk megismerkedni.

VIII. A polarizkóp. - Fotométeres vizsgálatok. - A polariméter, czianométer s egyéb alkalmazások.

Közvetetlenül a chromatikus polározódás felfedezése után Arago azon volt, hogy a tüneményt a polározott fény jelenlétének kimutatására használja föl. Arago polarizkópja analizátorból s ez



elé tett csillámlemezről áll. Mind a két alkotórész csőbe van illesztve; a lemez előtt levő két diafragmán át csak hengeres fénynyalábok eshetnek a lemezre. Bármily kevésbé legyen is polározva a beeső fény, az analízátorral mutatott, különben színtelen képek színesekké válnak.

Midőn Fresnel elméleti úton levezette a polározott fény visszaverődésének és törésének törvényeit, Arago ezeket kísérletileg igazolta. Arago már 1815 óta foglalkozott fotométeres kísérletekkel; akkor még csak kézi műszert használt, de az alkalmazott elv annyira helyes volt, hogy a kapott eredmények egynémelyikét Fresnel már felhasználhatta az elméleti úton levezetett képletek igazolására. Nem hallgathatjuk el, hogy e törvényeket már Arago előtt, sőt a visszaverődés okozta polározódás feltalálása előtt, Bouguer igazolta. Bouguer a fényt két négyzetes nyíláson a szobába vezette s papírlapra vetette; a két képet ernyővel elválasztotta. E képek közül az egyik közvetlen kép volt, a másik pedig a megvizsgálandó testtel veretett a papírra. Hogy a direkt és a

visszavert fény intenzitását összehasonlíthassa, Bouguer a direkt fény nyílását mindaddig kiseb-  
bítette, míg a képek intenzitása egyenlő volt; a  
direkt és a visszavert fény intenzitásainak viszonyát egyenlővé tette a nyílások szélességeinek viszonyával. Bouguer ezen az úton az üveg és a víz fölületével létesített visszaverődést tanulmányozta. A kapott értékek a Fresnel elméleti értékeivel, a mennyire csak az akkori észleletek pontosságától elvárni lehet, jól egyeznek össze.

Arago készüléke sokkal komplikáltabb volt mint a Bouguer-é, de szellemes szerkezetével sem vezetett oly pontos eredményekre, mint a minőket szerzője várt. Különben is, Arago fotométeres kísérletei, bármennyire gondosak lettek legyen, a fotométeres módszerek közös hibájában, a szubjektív összehasonlítás tökéletlenségében szenvedtek.

Arago már 1815-ben találta föl a következő törvényt: "átlátszó fölületen átmenő nyalábban levő polározott fénynek mennyisége pontosan

egyenlő az ugyanazon felülettől visszavert nyalábban levő s derékszög alatt polározott fénynek mennyiségével", föltéve, hogy mind a két nyaláb ugyanabból a természetes nyalábból ered. E törvény, melynek levezetésénél Arago az előbb említett fotométerhez hasonló, de valamivel egyszerűbb készüléket használt, a Fresnel által később elméleti úton levezetett képletekből következik, tehát a Fresnel elméletének egyik folyománya.

Tizenhét évvel az imént mondott törvény felállítása után Arago ugyancsak ezt a törvényt a rendszer és a rendkívüli nyaláb intenzitására vonatkozó Malus-féle törvénynek bebizonyítására használta föl. A bebizonyításhoz még külön készülékre, a polariméterre volt szüksége. Arago definíciója szerint "a polariméter nem egyéb, mint polariskop, mely előtt egy üveglemez-oszlop úgy van felállítva, hogy a beeső sugárhoz minden lehető szög alatt hajolhasson; a mérés tetszés szerint alkalmazott fokozott körrel eszközölhető. Emez oszlop segítségével a rajta átmenő sugarak semlegesíthetők (polározatlaníthatók) s a suga-

raknak ez az átalakítása akkor lesz végrehajtottnak tekintendő, ha a készülék oly képet ad, melyekben a színezettségnek nyomait sem találjuk". Arago e készüléket ismeretes összetételű, részben polározott fénynyel tapasztalatilag osztályozta s ezután közvetetlenül bebizonyította a Malus törvényét. Ez a bizonyítás különben nem volt szükséges, mert a chromatikus polározódás tünetényei, mint a Malus törvényéből levezethetők, ezt a posteriori bizonyítják.

Bouguer azt állította, hogy a fény teljes visszaverődésénél annak harmad vagy negyed része elvész. Arago ezt a tételt, mely nemcsak elméleti szempontból, de az asztronómiai műszerekre nézve még gyakorlati szempontból is fontos, Laugier-vel vizsgálattatta meg. Az eredményekből kitűnt, hogy a fényveszteség, ha ilyen egyáltalában van, a beeső fénynek legfeljebb egy ezredrészét teheti.

Arago fotométeres és polariméteres vizsgálatait az asztronómia és a meteorológia különféle

problemáinak megfejtésére alkalmazta. Így már 1820 előtt konstatálhatta, hogy a Nap fénye, el-  
lenkezőleg a régi felfogással, nem valamely izzó  
szilárd vagy folyós testből, hanem valamely gáz-  
nemű burkolatból áramlik ki. Nem kevésbé je-  
lentősek a csillagok fényerősségének meghatáro-  
zására vonatkozó vizsgálatai. Az efféle dolgoza-  
tok folyamában a használt készülékeket az el-  
érendő célhoz képest különféleképpen módosítot-  
ta. Így a polarimétert átalakította czianométerré,  
azaz oly készülékké, melylyel az ég kék színének  
fokozatai mérhetők. Arago a polariméter elé fe-  
hér papirlapot tett; midőn a készülék kettőstörő  
prizmáját forgatta, a föllépő színek között a kék  
is előfordult. Ez a kék szín igen gyenge, ha a be-  
eső fény majdnem természetes, s annál élénkebb,  
mentül nagyobb mértékben van a fény polározva,  
tehát a kék színt a készülék üveglemez-oszlopá-  
nak forgatásával élénkíteni lehet. Ha ez az élén-  
kített szín megegyezik az ég színével, akkor csak  
az oszlop hajlását kell megmérni; a hajlás-szög  
meghatározza az ég czianométeres színét.

A vizsgálatok eme csoportjához tartoznak még azok, melyeket Arago a felhők magasságának és a Hold egyes részeitől visszavert fény intenzitásának meghatározására hajtott végre. Ugyancsak a polariméteres módszerekkel meghatározta a Hold szürke fényének a Naptól megvilágított része fényéhez való viszonyát. Arago nagyon valószínűvé tette, hogy az üstökösök csóváinak fénye nem eredeti fény, mert részben polározva van, tehát visszavert fénynek tekintendő.

Vége szóljunk még arról, hogy Arago a polározódást a víz alatti szirtek vagy más tárgyak szemlélésére ajánlatba hozta. A vízben levő tárgyakat azért nem láthatjuk tisztán, mert a víz felületéről visszavert fény sokkal intenzívebb, mint a fenekéről jövő fény. Azonban a visszavert fény polározva van, tehát valamely kettőtörő anyaggal kioltható, s ekkor csakis a víz fenekéről kiinduló sugarak érkeznek szemünkhöz. Arago a polározott fény kioltására a tengelyével párhuzamosan hasított és csőbe foglalt turmalinlemezt ajánlotta s e készüléket a la Bonite nevű korvettnek

földkörüli utazása alkalmával adott instrukciók között hozta javaslatba. "A la Bonite tisztjei", mondja Arago, "a polározódást bevezetvén a hajózás mesterségébe, új példával fogják megmutatni, hogy mily eshetőségeknek teszik ki magukat azok, kik az alkalmazások nélküli kísérleteket és elméleteket gúnyos mire való?-val fogadják."

## IX. A fénysebesség kísérleti meghatározása.

1835-ben Wheatstone-nak sikerült az elektromosság terjedés-sebességét jó vezetőkben kísérletileg meghatároznia.

Wheatstone vízszintes tengely körül igen gyorsan forgó tükörben három szikra képét szemlélte. E szikrákat az által idézte elő, hogy a vízszintes vonalban fekvő három pontban megszakított vezetőkön át kisütést létesített. A szélső két szikra egyidejűleg jött létre s képeik a tükörben vízszintes vonalban feküdtek. Ellenben a középső szikra valamivel később keletkezett, mert az elektromosságnak, míg a középső megszakításig jutott,

igen hosszú vezetőkön kellett végig mennie. Ennélfogva a középső szikra képe, mivel a tükör időközben valamicskével tovább fordult, nem esett a másik két képpel egy vonalba. E harmadik kép eltolódásából, a tükör ismeretes forgássebességéből s a vezető hosszúságából Wheatstone kiszámította az elektromosság sebességét.

A mint Arago a Wheatstone kísérleteivel megismerkedett, azonnal belátta, hogy ugyanezt az elvet föl lehetne használni ama különbség meghatározására, mely a fénynek a levegőben és a vízben való terjedés-sebességei között fennáll. E tárgyra vonatkozó terveit 1838-ban terjeszté az akadémia egyik bizottsága elé. A bizottság tagjai, kik közül néhányan a Wheatstone kísérleteiről sem tartottak sokat, kételkedtek Arago terveinek kivihetőségében. Mindazonáltal egy kitűnő műszerkészítőtől, ifjabb Breguet-től támogatva, Arago-nak sikerült a feladatot oly stádiumba vezetnie, hogy a kísérletek kivitele elé már semmi akadály sem gördülhetett.



Arago szemei előtt fontos elméleti cél lebegett: az emisszió- és a hullámelmélet kérdését akarta végleg eldönteni.

Az emisszió-elmélet szerint a fény a vízben jóval sebesebben halad mint a levegőben; a hullámelmélet épen az ellenkezőt állítja. Nyilvánvaló, hogy e kérdés eldöntése a két elmélet között is dönt.

Hogy az eldöntés lehetőségét elképzelhessük, gondoljuk meg, hogy ha egy fényforrás szomszédos pontjaiból egyszerre kiinduló két fénynyaláb egyszerre esik a forgó tükörrre, akkor a nyalábok a visszaverődés után is párhuzamosak maradnak. Ha ellenben a két nyaláb közül a második az első mögött valamennyire elmaradna, akkor, mire a második a tükörrre esnék, a tükör már bizonyos szöggel tovafordult volna, tehát a két nyaláb a visszaverődés után már nem lesz párhuzamos. Ugyanez állana akkor is, ha a második nyaláb az elsőt megelőzné.

Tegyük föl már most, hogy a vízszintesen haladó két nyaláb közül a felső vízzel megtöltött csövön kénytelen áthaladni. Ha az emisszióelmélet áll, akkor e nyaláb mozgása gyorsulni fog, s elsőnek fog a tükörrre érkezni, tehát az alsó nyaláb előtt fog visszaveretni s evvel bizonyos szöget fog képezni; az eltérés iránya olyan lesz, mintha az alsó nyaláb a felsőt megelőzte volna, mintha tükör által gyorsabban tovaragadtatott volna. Ha ellenben a hullámelmélet a helyes, akkor a vízzel megtöltött cső a felső nyaláb mozgását lassítja, tehát ez a nyaláb későbbben esik a tükörrre mint az alsó, s nem elsőnek, hanem másodiknak verődik vissza, s mivel a tükör időközben tova fordult, a visszavert két sugár ismét szöget képez, meg pedig éppen akkorát mint az első esetben. De az eltérés iránya éppen ellenkező lesz, mert most a felső sugár fog a tükör forgásirányában előre sietni.

Arago, 1 másodperczen 1000 forgást föltételezve, kiszámította, hogy a két nyaláb 1 percznyi, tehát észlelhető eltérést mutat, ha az egyik sugár

a másikat 7 méterrel megelőzi. Ily útkülönbség létrehozatalára a vízzel megtöltött csőnek, az emisszió-elméletet fogadva el, 28 méternyinek, s a hullámelméletet fogadva el, 21 méternyinek kellene lennie. E nagy hosszúság két forgó tükörrel felére, három tükörrel harmadára stb. redukálható. Jelentős redukciót lehetne még elérni az által, ha a csőbe nem víz, hanem valamely erősebben törő folyadék, például szénkéneg tétetnék.

Sok időbe került, míg Arago ez eszméjét megvalósíthatta. A kivitel ellen csak technikai nehézségek merültek föl, de éppen ezek valának nehezen leküzdhetők. Ifjabb Breguet-nek végre sikerült olyan fogaskerék-szerkezetet összeállítania, mely három tükröt, mindegyiket 1000 körülforrással, forgatott, a háromszoros visszaverődés hatása tehát ugyanaz volt, mintha egy egyedüli tükör 1 mperczben 3000 körülforgást tett volna. A feladat már megfejtettnek látszott, azonban a többszörös visszaverődés a fényt nagyon meggyengíté. Ismételt kísérletei közben Breguet azt

találta, hogy egy, a tükör súlyától megszabadított tengelylyel 1 mperczben 8000 körülforgást lehet végeztetni. Arago abból a körülményből, hogy a tükörrel megterhelt tengely ily gyorsan nem foroghat, azt következtette, hogy a forgást csakis a levegő ellenállása lassítja. De midőn a tükörrel megterhelt tengelyt légüres térben forgatta, az eredmény csak olyan volt mint a levegőben, minélfogva vissza kellett térni a háromtükrös szerkezethez. 1850-ben már minden készen volt a kísérletek megtételére, azonban Arago-nak szemei ekkor már annyira meggyengültek, hogy le kellett mondania arról a reményről, hogy a kísérletekben személyesen részt vehessen. "Meg kell elégednem avval, mondá Arago, hogy a kérdést fölvettem s hogy kijelöltem a megfejtésére vezető biztos eszközöket." Időközben (1849) Fizeau meghatározta a fény sebességét a levegőben s e kitűnő fizikus Arago beleegyeztével, Breguet-vel szövetkezve, végrehajtotta az Arago tervezte kísérleteket is. Egy másik híres fizikus, Foucault, szintén az Arago készülékével, melyet többféle

irányban módosított, néhány héttel Breguet és Fizeau kísérletei előtt szintén megmérte a fény sebességét a levegőben s kimutatta, hogy e sebesség nagyobb mint a sebesség a vízben.

Ha ez eredmények mellett még figyelembe vesszük Arago interferencia-kísérleteit, melyek szintén direkt ellenmondásban vannak az emisszió-hipotézissel, akkor előttünk fekszenek legfontosabbjai ama tényeknek, melyekkel Arago a hullám-elmélet végleges diadalát előmozdította.

## X. Elektromágnesség.

Hogy az elektromosságnak mágneses hatásai vannak, ez már jóval Arago ideje előtt tudva volt. Wilke, Franklin, d'Alibard, Beccaria és Van Marum egyaránt észrevették, hogy az aczéltűk, melyeken szikrák ugrottak át, mágnesűkké váltak. Sőt Franklin és Van Marum arra is törekedtek, hogy fölláítsanak bizonyos tapasztalati törvényeket, melyek szerint a mágnesezés végbe megy. Azonban e törvények egymásnak nagyon is ellenmondottak s némelyikük a valóságnak

egyáltalában nem felelt meg. Mindössze is csak azt lehetett konstatálni, hogy a szikra az aczéltűket mágnesezi, a kész mágnesek mágnességét lerontja vagy pedig sarkaikat cseréli föl. Van Marum-nak nagyobb mennyiségű elektromossággal sikerült aczél spirálisokat és jelentős méretű aczélrudakat is megmágneseznie.

Egyébiránt az e fajta mágneses hatások nem csupán laboratóriumbeli kísérletekből, hanem a nagy természet tüneményeiből is ismeretesek valának.

1731-ben egy wakefield-i kereskedő szobája egyik szögletébe késekkel, villákkal stb. megrakott szekrényt tett. A villám a szekrénybe ütött; a kések és villák, az épen maradtak éppen úgy mint a részben megolvasztottak, erős mágnesekké váltak.

1734-ben a villám a Dover nevű hajóba ütött. Számos vas- és aczéldarab erős mágnessé vált.

1827-ben a New-York nevű hajóba a villám kétszer beütött; Scoresby konstatálta, hogy a ha-

jónak vas- és aczél-alkotórészei, valamint a matematikai műszerek alkotórészei a mágnes-ségnek kétségtelen nyomait mutatták.

Gyakran megesett, hogy a hajókba ütő villámok az iránytűk mágnességét annyira alterálták, hogy az iránytűk a tengerészeket tévútra vezették, sőt néha a legnagyobb veszedelembe sodorták.

Hasonló esetek a szárazföldön is előfordultak. A fizikusnak, valamint a nagy természetnek laboratóriumában észlelt tünetmények az elektromosságnak mágneses hatásait kétségtelenekké tették. Mindazonáltal az említettük hatások közvetlenek valának, azaz csak olyan mágneses vagy nem mágnes- és aczél- és vasdarabokon mutatkoztak, melyeket a szikra közvetlenül járt át, tehát nem voltak az elektromosságnak a távol-ságba ható mágnesező hatásai. A hatások ez utóbbi nemét Arago és Ampère fedezték föl, még pedig az előbbinek előzetes észleletei alapján.

Arago 1820-ban Genfben Pictet-től értesült Oersted híres felfedezéséről, mely az ő vizsgálatainak kiinduló pontjává lett. Oersted azt találta, hogy az elektromos áram egy mozgékony aczéltűt, mely már előzetesen meg volt mágnesezve, helyzetéből kitérít. Arago az Oersted kísérleteinek ismételése közben azt találta, hogy ugyanaz az áram a lágy vasban vagy aczéltben mágnességet képes előidézni. Hadd mondja el Arago maga találmánya történetét.

"Midőn egy eléggé finom hengeres rézdrótot a Volta-féle oszlop sarkához erősítettem, észrevettem, hogy a mint ez a drót az oszlop másik sarkával összeköttetésbe jött, a lágyvasreszeléket ép úgy húzta magához, mintha csak valóságos mágnes lett volna.

A vasreszelékbe mártott drótra a reszelék körskörül lerakódott s ez által a drót olyan vastaggá lett, mint valamely közönséges tollnyél.



Midőn a záródrót egyszerre szűnt meg a két sarkkal érintkezésben lenni, a reszelék levált róla s lehullott.

E hatások függetlenek voltak a reszelék előzetes mágnesezésétől, mert a lágyvas vagy aczéldrótok abból egy szemet sem húztak magukhoz.

Ép oly kevésbé lehetne azokat a közönséges elektromos hatásoknak tulajdonítani, mert ha a kísérletet réz- vagy sárgarézreszeléssel vagy fűrészporral ismételjük, azt tapasztaljuk, hogy e testek, szembetűnő módon sohasem tapadnak a záródróthoz.

A záródrótnak a vasra gyakorolt vonzása a távolságba hat; valóban könnyű észrevenni, hogy a reszelék fölemelkedik még mielőtt a dróttal közvetlenül érintkeznék.

Eddig csak sárgarézdrótról beszéltem, azonban az ezüst, a platina stb. drótok analog hatásokat eredményeznek.....

A záródrótok a lágyvassal csak pillanatnyi mágnességet közölnek; ha azonban kicsiny aczélrészecskéket használunk, néha megesik, hogy ezek állandó mágnességet kapnak. Sőt ily módon sikerült egy varrótűt teljesen megmágneseznem."

Arago még fölemlíti, hogy többször megesett, hogy a záródrót még akkor is vonzotta a vasreszeléket, midőn a sarkokkal összeköttetésben már nem volt, de hozzáteszi, hogy ez a tűnemény nagyon mulékony s tetszés szerint újra elő nem idézhető.

Midőn Arago az imént előterjesztett észleleteit Ampère-nek bemutatta, ez a híres fizikus épen akkor tette volt azt a nevezetes fölfedezést, hogy az ugyanabban az irányban haladó áramok egymást vonzzák, az ellenkező irányúak pedig egymást taszítják; ez az észlelet őt arra a föltevésre vezette, hogy a mágnesek vonzó és taszító hatásai a vasnak vagy aczélnak molekulái körül keringő elektromos áramoknak volnának tulajdoní-

tandók. Ez a spekuláció fontos fölfedezésnek volt szülője; Ampère-nek az a gondolata támadt, hogy a záródrót mágneses hatásai talán tetemesen fokozhatók volnának, ha az Arago első kísérleteiben használt egyenes drót helyett spirálszerűleg összetekert drót használtatnék s a spirális belsejébe aczéltű tétetnék.

Arago és Ampère a kísérletet minden lehető elővigyázattal végrehajtották. A mit Ampère előre várt, az valóban be is következett: az aczéltű mágnesessé lett, még pedig sarkai úgy helyezkedtek el, a mint azt Ampère a mágnesekben keringő hipotézises áramokból előre kombinálta. Evvel be volt bizonyítva, hogy ha az áram valamely aczéldróton hosszában áramlik át, a sarkok fekvése határozatlan, mert e fekvés nemcsak az áram irányától, hanem néha egészen jelentékteleneknek látszó s alig észrevehető mellékkörülményektől, a drót formájától, fizikai szerkezetétől stb. függ; ellenben ha az áram spirálisban kering az acél körül, akkor ezt bizonyos törvény szerint

mágnesezi meg, azaz az áram keringési irányából a sarkok fekvése meghatározható.

Ezek után a két fizikus megvizsgálta az oszlop zárásánál és nyitásánál föllépő kisülések által létesített mágnesező hatásokat, de ezeket korántsem találták oly szabályszerűeknek, mint az oszlop árama által előidézetteket, sőt az a kétségök merült föl, hogy az elektromosság mágnesező hatásai egyáltalában nem követnek bizonyos törvényt. Arago, hogy a kétséget véglegesen eloszlassa, két spirálist készített; mind a kettő egyenlő vastag s ugyanabból a drótból való volt, az egyes menetek hajlásai is ugyanazok voltak, azonban a drótok ellenkező irányban voltak föltekerve. A két spirálist egyenes dróttal kötötte össze s mind a kettőbe egy-egy aczéltűt helyezett el. Miután az áramot a két spirálison átvezette, mind a két tű mágnesessé lett, de sarkaik ellenkező fekvésűek valának. Az áram irányának egyszerű megfordítása által a sarkok fölcserélődtek.

Még föltűnőbb szabályszerűséget mutatott a következő kísérlet. Arago a rézdrót egyik részéből egy 5 cm hosszú spirálist készített, a drót második részét ugyanilyen, de ellenkező menetű, végre a harmadik részét az elsőnek meneteivel megegyező spirálissá hajtotta össze; a három spirális egyenes drótrészekkel volt összekötve, tehát belsejükbe egy egyedüli aczéltűt tehetett. Midőn az áram ezt a hármasspirálist átjárta, a tű ismét mágnesessé lett, de két sark helyett hat sarka volt; e sarkok helyzete teljesen megfelelt az egyes spirálisrészek önálló mágnesező hatásainak. Ily módon találta föl Arago a közbeeső sarkokat, melyeket a fizikusok azóta váltópontoknak neveztek. Végre Arago újra megvizsgálta a körülményeket, melyek befolyással lehetnek az olyan drót sarkaira, melyben az áram a hosszirányában fut végig. Ekkor azt tapasztalta, hogy a teljesen egyenes drótnak semmiféle mágnesező hatása nincs, s rájött, hogy, midőn az első kísérleteiben a varrótű mágnesessé vált, ez a hatás on-

nét eredt, hogy kényelmesebb kezelés kedvéért a záródrótot a tű végei körül csavarta.

1820 vége felé Arago a kísérleteket a statikai elektromosságra is kiterjeszté. Spirálissal körülfont üvegcsőbe aczeltűt tett s midőn a spirálison szikrákat ugratott át, a tű mágnesessé lett; a sarkok épen úgy helyezkedtek el, mint ezt a pillanatnyi áram iránya megkövetelte; továbbá sikerült a váltópontokat is előállítania. Arago továbbá észrevette, hogy az elektromosság a spirálison kívül elhelyezett tűre mágneses hatást nem gyakorol. Mindezek az eredmények a statikai elektromosság és a Volta oszlopának elektromossága között új analógiát tüntettek föl.

Különös figyelmet érdemel még Arago-nak az az eszméje, hogy az elektromos fényív és a mágnesek között bizonyára valamely kölcsönhatásnak kell lenni. E gondolatra Davy-nek az elektromos fényre vonatkozó vizsgálatai adtak alkalmat. "Kétségen kívül nagyon természetes föltevés az, mondja Arago, hogy a puszta elektromos áram

(fényív) úgy hasson a mágnesűre, mintha valamely összekötő fémdróton át haladna. Mégis, nekem úgy tetszik, hogy a kísérlet megérdemli, hogy azt a nagyhatású telepekkel rendelkező fizikusok figyelmükre méltassák, főképen azért, mert az északi fényre vonatkozó új nézeteket eredményezhetne. Különben is, nem tekintve minden közvetetlen alkalmazást, nem volna-e figyelemre méltó tünemény a légüres vagy légritkított térben való keletkezése egy olyan lángnak, mely a mellett hogy a mágnesűre hat, maga is egy mágnesnek sarkai által vonzatnék vagy taszítattnék?"

Arago figyelmeztetése nem volt a pusztába kiáltott szó; Davy és de la Rive valamint a későbbiek fényesen igazolták Arago föltevéseit. Végre talán nem lesz fölösleges, ha különösen kiemeljük, hogy Arago az elektromágnességre vonatkozó találmányaival egy másik, a tudományra s a gyakorlati életre egyaránt befolyásos találmányt, az elektromágneses telegráfot tette lehetővé. Az ilyes érdemnek szilárd öntudata más valakit

könnyen elkapathatott volna, azonban Arago az érdem nagy részét nemes őszinteséggel Ampère-re ruházta át. "Én és Ampère, mondja Arago, meggyőződünk, hogy a dróttól kifejtett mágneses erő igen nagy, ha ezt a mágnesezendő lemezek körül többszörösen csavart spirálisban keringetjük. Ha igaz is, hogy a kísérleteket, melyek ez eredmény szabatoságát bebizonyították, én s barátom együttesen hajtottuk végre, ki kell jelentenem, hogy Ampère volt az, ki elméleti nézeteitől vezéreltetve az ilyen erőfokozás lehetőségét feltalálta."

## XI. A forgás-mágnesség.

Arago 1822-ben Humboldt társaságában Greenwichben a mágnesség intenzitásának mérésével foglalkozott. Munkája közben észrevette, hogy a deklináció-tű hosszabb ideig leng, ha szekrényéből kivéttetik, vagy általában, ha szabadon áll. Arago e körülmény által figyelmessé tettétvén, direkt kísérletekkel kimutatta, hogy a fémek s ezeken kívül még sok más test a lengő



mágnesűre befolyást gyakorolnak, mely befolyás abban áll, hogy a tű lengés-táglatai gyorsan fogyatkoznak, a nélkül, hogy a lengés-idő szembetűnőleg változnék. Ez a hatás legnagyobb volt akkor, midőn a mágnesű vastag fémlapok, különösen pedig midőn rézlap fölött lengett.

Ez észzeleleteket 1824 nov. 22-én közölte az akadémiával. A következő év márcz. 7-én az ugyane tárgyra vonatkozó újabb észzeleletek eredményeit mutatta be. Az új észzeleletek bizonyos tekintetben az elsőeknek megfordítottjai valának: minthogy a nyugvó lap a lengő tűnek mozgását lassítja, Arago arra a gondolatra jött, hogy viszont a mozgó lapnak a nyugvó tűre kell befolyással lennie. S valóban, midőn egy szekrénybe zárt nyugvó tű alatt rézkorongot forgatott, a tű a korong forgásának irányában eltért a mágneses déllőtől s bizonyos szöggel való eltéréssel megállapodott. Mennél nagyobb volt a korong forgás-sebessége, annál jelentékenyebb volt ez az eltérés s elegendő nagy forgás-sebesség mellett a tű egész körülfordulásokat is tett.

A tűnemények ez a csoportja, melyet Arago a forgás-mágnesség névvel jelölt, mint tudva van, az elektromos indukció tűneményei közé sorozandó. De a mikor Arago e fölfedezést tette, az indukció még ismeretlen volt s a fizikusok leg-egyszerűbbnek találták, hogy a tűnemény okait a mágneses megosztásban keressék, még pedig a következőképen:

Ha valamely tű korlátlan kiterjedésű vízszintes fémlap fölött függ, a tűnek mindegyik sarka alatt megfelelő különnevű, tehát vonzó sark keletkezik. Ha már most a fémlap forog, ezek a vonzó sarkok tova vitetnek s a tű alatt folytonosan új sarkok keletkeznek s e sarkok a korong által szintén tova vitetnek. Föltéve, hogy a megosztás létesítette sarkok rögtönösen keletkeznek, de csak bizonyos mérhető idő után enyésznek el, akkor a tű sarkai előtt a vonzó sarkok egész sorozata áll s e sarkok hatása következtében a tű a forgás irányában eltérítettik.

Ez volt az a magyarázat, melyet a fizikusok legnagyobb része, köztük Duhamel, Herschel, Babbage és Prévost, elfogadott. Természetszerűségét elvitatni nem lehet, s mint Arago maga is bevallja, eleintén ő is a mágnesség megosztó hatásaira gondolt. Két modenai fizikus, Nobili és Bacelli, e tekintetben annyira ment, hogy a forgás-mágnességet, támaszkodva a Coulomb észleleteire, a forgó lapok igen csekély mágnességének tulajdonította, s a testeknek a mágnességre gyakorolt specziális hatásait kereken tagadta. Nobili és Bacelli Arago kísérleteit nem tekintették egyébnek, mint egyszerű módszernek, mely a mágnesség jelenlétét a testekben kísérletileg konstatálja, s mivel ismételt kísérleteikből kiderült, hogy némely test (víz, üveg, jég, stb.) semmi hatást sem gyakorol, még azt is kijelentették, hogy a mágnesség jelenlétének kimutatására a Coulomb lengésmódszere alkalmasabb.

Arago e nézeteket új, és a legnagyobb gonddal végrehajtott kísérletekkel alaposan megczáfolta, sőt abbeli nézetét is kifejezte, hogy kellő finom-

ságú kísérletekkel még az erősen összeszorított gázok hatása is ki volna mutatható, s arra utalt, hogy épen azok a fémek, melyeknek a Nobili és Bacelli kísérletei szerint a legnagyobb mágneses intenzitásuk van, a Coulomb észleletei szerint a mágnességnek csak gyenge nyomait mutatják. Egyébiránt Arago egyszerű kísérlettel az egész megosztás-elméletet megczáfolta; kísérletét a következőképen írja le.

"Nyilván való, hogy ama déli sarkoknak, melyeket a tű Herschel, Babbage, Nobili, Prévost, stb. elmélete szerint forgó rézlap kerületén, hogy úgy mondjam elszór, kombinált hatásuk miatt az északi sarkot vonzaniok s a rézlap felé közelíteniök kellene; én ellenben arról győződtem meg, hogy a rézlap mozgása által szült erőknek a rézlapra függélyes komponense taszító erő! Valóban, akaszszunk föl fonál segítségével igen hosszú mágnest valamely mérleg egyik karjára s egyensúlyozzuk azt az ellenkező oldalra tett súlyokkal; ha most a mágnes alatt rézlapot forgatunk. az egyensúly többé nem fog fönállani; úgy

fog látszani, mintha a mágnes megkönnyebbült volna; föl fog emelkedni: egy szóval, a rézlap azt eltaszítja."

Ehhez hasonló s a kivitelben még egyszerűbb kísérleteket Arago az inklináció-tűvel is hajtott végre; az eredmény ismét csak taszító erő volt.

Midőn Faraday 1831-ben az elektromos indukciót fölfedezte, a forgás-mágnesség tüneteire új fény kezdett derengeni, úgy látszott, hogy mi sem gátolhatja meg azt, hogy az Arago feltalálta tünetények az indukált áramok hatásaira vezettessenek vissza. De Arago, ki, ha új elmélet felállításáról volt szó, mindenkor a legnagyobb óvatossággal és körültekintéssel járt el, még a Faraday fölfedezte tényekkel szemben sem adta föl rezervált magatartását; óvatosság tekintetében ez egyszer barátját, a híres angol experimentátort is fölülmúlta. Arago elismerte ugyan, hogy a forgás-mágnesség tünetényeiben a főszerepet az elektromosság játszsza, de tagadta, hogy e tünetények mindegyike az indukció

elméletével volna megmagyarázható. E meggyőződéséhez szilárdan ragaszkodott még akkor is, midőn kísérleti úton megmutatta, hogy a forgásmágnesség tünetényeiben egy fémdrótnek, melyben az elektromos áram kering, ugyanaz a hatása van, mint a mágnesűnek.

Mivel Arago azt tapasztalta, hogy még az olyan testek is, melyek mind a közönséges, mind pedig a Volta-féle elektromosságot igen rosszul vezetik (gyánta, sellak, stb.), a tű lengéseire befolyással vannak, nem engedhette meg, hogy e befolyás egyedül az indukciónak tulajdoníttassék, mert az indukció okvetetlenül vezetőt tételez föl. 1844-ben még a testek fölületén megsűrített levegő hatásaira gondolt, de ezeket nem mer- te valamely elmélet kiinduló pontjává tenni; ehhez a kellő kísérleti bizonyítékok hiányzottak. Ha a megsűrített levegő gyakorolja a hatást, akkor a hatásnak akkor is föl kell lépnie, ha a különféle testek fölött nem mágnesű, hanem réztű, vagy bármely más anyagból készült tű lengene. Ez volt az első sorban eldöntendő kérdés.

Arago hanyatló egészsége miatt az idevonatkozó kísérleteket személyesen nem hajthatta végre; a kivitelre két barátját, Laugier és Barralt kérte föl. E fizikusok beható vizsgálatainak eredménye negatív volt, tehát a levegő megsűrítése a forgás-mágnesség tüneményeiben nem szerepelhetett. Arago, tekintve egészségi állapotát, lemondott arról a reményről, hogy az e tárgyra vonatkozó vizsgálatokat minden irányban végrehajthassa s a feladat megfejtését az utókor gondjaira bízta.

A forgás-mágnesség történetéről szólva, meg kell még jegyeznünk, hogy Arago-nak, ki a prioritási vitákat mindakkoráig szerencsésen elkerülte, a forgás-mágnesség feltalálása miatt vitába kellett keverednie. "Azok, a kik az észleleti tudományokban valamely új tényt ismernek föl, mondja Arago, el lehetnek készülve rá, hogy azt először tagadni fogják; hogy később a jelentőségét, a hasznát fogják megtámadni; ezután a prioritás ügye következik: jelentéktelen, homályos és mindakkoráig észre nem vett helyek csomó

számra s úgy tűnnek föl, mint a melyek a találmány régiségéről kétségbe vonhatatlanúl tanúskodnak."

Egy edinburgi angol újság azt állította, hogy a forgás-mágnesség angol találmány, Barlow találmánya. Tény az, hogy Barlow 1825 ápr. 14-én a Royal Society-hez benyújtott értekezésében arról a hatásról beszélt, melyet egy vasgömb forgása a saját mágnességére gyakorol; mivel azonban Arago a franczia, akadémiának az első jelentést 1824 nov. 22-én tette; mivel továbbá Barlow maga is beismerte, hogy a kísérlet eszméjével csak 1824 december havában kezdett foglalkozni; végre mivel Barlow észleletének egészen más természete volt mint Arago találmányának: Arago-nak könnyű volt a prioritás kérdését a maga javára eldöntenie. Különben is az angol fizikusok körében más valakinek alig jutott eszébe, hogy Arago-tól találmányát elvitassa.

XII. Az asztronómiára, meteorológiára és fizikai geografiára vonatkozó vizsgálatok.



Az eddigiekben előterjesztettük Arago-nak ama munkáit, melyek a fizika fejlődésére vagy közvetlenül, vagy pedig más fizikusok munkáira gyakorolt befolyásuk által közvetve a legüdvösebb hatást gyakorolták. Ha azonban Arago fizikai dolgozatainak teljes képét ezen a helyen akartuk volna feltárni, még számos részletről kellett volna megemlékeznünk, de semmi esetre sem hagyhattuk volna el kitartó munkát és buzgalmat igénylő ama vizsgálatait, melyeket tudós barátaival szövetkezve hajtott végre. Ide tartoznak a többi között a Mariotte törvényére és a vízgőzök feszítő erejére vonatkozó kísérletek (Dulong-gal) s a Fresnel-lel együttesen végrehajtott optikai kísérletek. Minthogy Arago-nak a más tudósokkal megosztott érdemeit részben már föltüntettük, a még föl nem tüntetett részek utólagos méltatásának kötelezettségét elvállalva, áttérhünk egyéb tudományos munkáinak előterjesztésére.

Arago, ki az asztronómia terén tevékenységét a párisi obszervatóriumban kezdette meg s a leg-

nagyobb veszélyektől környezve idegen országban folytatta, az asztronómia iránti hajlamait egész életén át megőrizte. Ez a hajlam azonban többet jelent, mint a mennyit a szó közönséges értelmé kifejez, mert Arago hajlamai őt mindig fontos kutatásokra és számos vitás kérdést fölvilágosító eredményekre vezették. E munkálatok közé tartoznak - nem tekintve a nagy fokmérést - a Föld alakjára, a téli és nyári napállásra, az éj-napegyenlőségi pontokra, a déli és a sarkkörüli csillagok deklinációjára stb. vonatkozó vizsgálatok. Mindazonáltal, tekintve a kutatások eredetiségét, s az eredmények újságát, legtöbbet a fizikai asztronómia köszönhet Arago-nak. Már mondtuk, hogy optikai dolgozatai alapján képes volt az ég fizikájára vonatkozó igen kényes vizsgálatokat végrehajtani. A holdkorong különböző pontjainak s a csillagoknak fényerősségére, a Mars sarkvidékeire, a Jupiter és Saturnus csíkjaira s az előbbeni bolygó holdjainak fényerősségére, a napfogyatkozásokra stb. vonatkozó kutatások nem kevésbé jelentősek valának. Arago-nak

Népszerű asztronómiája magában foglalja mind-azokat az előadásokat, melyeket e kiváló fizikus, vagy most mondjuk inkább csillagász, a párisi obszervatórium előadási termében 1812-től 1845-ig tartott. Ez a maga nemében páratlan mű, bár szerzőjének tudományos álláspontja a jelenleg már nem mindig felel meg az asztronómia által elért legújabb eredményeknek, bizonyára azon legmagasabb fokon áll, melyet oly tudománynak népszerűsítésében, mint a milyen az asztronómia, elérni lehet.

Az észlelő csillagász nem ignorálhatja a meteorológia törvényeit. Ha Arago-t fizikai munkálatai különben sem vezették volna a meteorológia terére, az említett körülmény egymagában is elegendő lett volna, hogy kutató szellemét az utóbbi tárgyra fordítsa. A meteorológia ismét szorosan összefügg a fizikai geografiával, minél-fogva Arago-nak, ki különben sem fejtegette a tudományos tényeket elszigetelt különállásban, alkalma volt, hogy gazdag és mély ismereteit az

emberi tudásnak ebben az ágában is értékesíthetse.

Arago-nak a meteorológiára és a fizikai geografiára vonatkozó dolgozatai között a következők vannak:

Egy a nap- és holdudvarokra s az ezek által visszavert polározott fényre vonatkozó dolgozat.

A különböző magasságokban és különböző helyeken előforduló esőmennyiségre vonatkozó vizsgálatok.

A tengerek és a folyamok vizének áramlásaira, színére, alkotórészeire, fajsúlyára stb. vonatkozó kutatások.

Egy a légköri elektromosságra vonatkozó terjedelmes értekezés, melyben Arago fölveti mindazokat a kérdéseket, melyek a meteorológiának ezen, még nagyon is sok tekintetben homályos ága körül fölmerülhetnek. A villámos felhők jellemzése, a villámok fajai, hatásai és keletkezésük körülményei, a dörgés, a bolygótüzek, a zivata-

rok geografiája és évszázados előfordulása, a vilám elhárítása: ezek azok a főpontok, melyeket Arago tüzetesen megvitat. Elmékedéseiben mindig a tapasztalati tényekből, melyeket nagy szorgalommal gyűjtött össze, indul ki; elméleteket és merész hipothéziseket, melyek kevés téren oly szaporák mint épen a légköri elektromosságban (mert itt csak nehezen ellenőrizhetők), Arago dolgozatában hiába keresünk.

A földmágnességéről való ismereteket Arago gondos észleletek hosszú sora által jelentékenyen kibővítette.

Kiterjedtebb észleletekből kitűnt, hogy a deklináció napi változásaiban, melyeket Graham fedezett föl, bizonyos szabályszerűség van. Arago nagyszámú észleleteiből, melyeket 1818 és 1835 között tett, kitűnt, hogy a deklináció-tű naponként két teljes lengést végez, minélfogva a deklinációnak két maximuma és két minimuma van, még pedig a következő módon:

1. Esti 11 órától kezdve a tű északi vége nyugatról kelet felé mozog; a deklináció minimumát reggeli 1/4 9 órakor éri el; ez időponttól kezdve ismét nyugat felé tér s 1/4 2-kor a deklináció maximumát éri el;

2. 1/4 2-től kezdve a tű ismét kelet felé mozog s esti 8 és 9 óra között a második minimumot éri el; ezután visszatér nyugat felé s esti 11 órakor a második maximumot éri el.

E szabályszerűség, melyet csak jelentéktelen másodrendű ingadozások zavarnak meg, Arago-t arra a föltevésre vezette, hogy a tű napi változásai és a Nap járása között szoros összefüggés van.

Az inklináció napi változásait némely észlelő konstatálta ugyan, de a meglevő észleletekből nemcsak hogy a változás törvényeit nem lehetett levezetni, hanem azok még azt sem döntötték el, hogy ilyen változások csakugyan vannak-e. Aragonak 1827-től 1830-ig tett észleleteiből kitűnt, hogy az inklinációnak naponként két maximu-

ma (az első 8 és 9 óra között reggel, a második 8 és 9 óra között este) és két minimuma (d. u. 2 és 3 között és éjjeli 11 és 12 között) van; de egyszerismind az is kitűnt, hogy a maximumok és minimumok ideje az évszakok és a mérséklet szerint változik. Arago direkt méréseket tett; a tű végeinek mozgását mikroskóppal észlelte; továbbá, mivel az észleleteket a nap folyamában többször ismételte (némely napon 150-szer), az inklináció napi változásaiban kételkedni többé nem lehetett.

E nevezetes eredményeken kívül Arago még a deklináció évi és százados változásait, nevezetesen a mágneses és geográfiai egyenlítő átmetszése pontjának nyugatról kelet felé való mozgását tűzetes taglalásnak vetette alá.

Az északi fény és a mágnesű iránya közötti összefüggés Arago-t az előbbi tünemény tanulmányozására vezette.

Saját észleletei alapján újra megerősíté azt a már régibb észlelőktől kifejezett törvényt, hogy

az északi fény koronája az inklináció-tű irányának megnyújtásába esik; 1819-ben pedig, a nélkül hogy Hjorter és Celsius észleleteit ismerte volna, feltalálta az északi fénynek a mágnestűre gyakorolt befolyását, sőt 1822-ben kimutatta, hogy a régebben észlelt északi fények is voltak befolyással a tűre, csak hogy e befolyások észre nem vétettek. "Ily fontos következtetések, mondja Arago, figyelmemet a tűnemények eme csoportjára vonták, s több mint tíz éven át gondosan összegyűjtöttem az északi fényre vonatkozó minden észleletet, hogy ezeket a deklinációra, az inklinációra és az intenzitásra vonatkozó észleleteimmel egybevessem. Így aztán azt találtam, hogy a mágnestű három főtüneménye az északi fénytől befolyásolva van s hogy a kimutatott hatások még akkor is nyilvánultak, midőn az északi fény az észlelő helyén láthatatlan vala."

A mit Arago-nak a légköri elektromosságra vonatkozó dolgozatáról mondtunk, ugyanaz áll az északi fényre vonatkozó vizsgálatairól is: a tapasztalati eredmények gondos összehasonlítása



munkájának a magva. Arago a legnagyobb gond-  
dal összeállította az 1818 és 1848 között észlelt  
északi fények katalógusát, mely fényesen tanús-  
kodik arról, hogy az észleletek gondos egybeállí-  
tása mennyi haszonnal lehet a tünemény okainak  
földerítésére. Arago 1827 óta összehasonlítván a  
mágnestű mozgásait, melyek Szentpétervár-, Ka-  
zan-, Berlin-, Freiberg- és Párisban észleltettek,  
kimutatta, hogy az északi fénynek az egész föld-  
mágnességre egyidejű hatása van.

Az 1848 nov. 17-én este Cirey-, Havre-, Gren-  
oble-, Montpellier-, Bordeaux-, Parma-, Velen-  
cze-, Flórencz-, Píza- és Madridban észlelt északi  
fény tüneményei Arago dolgozatában tüzetesen  
fölemlíttetnek. Ez északi fénynek mágneses hatá-  
sai közül a legföltünőbb az volt, melyet Matteuc-  
ci Pízában, Highton mérnök pedig a London and  
North-Western vasút egyik vonalán észlelt: az  
északi fény tartama alatt a telegráfok fölmondták  
a szolgálatot, a gépezetek működésében ugyan-  
olyan rendetlenségek mutatkoztak, mint a minő-  
ket a villámos zivatarok szoktak előidézni.

### XIII. A hang sebessége.

Arago tevékeny részt vett a Bureau des Longitudes által 1822-ben a hangsebesség direkt meghatározására kiküldött bizottság működésében.

A régibb észlelők nem vették figyelembe a szél gyorsító vagy lassító befolyását s bizonyára ez volt az oka, hogy eredményeik egymástól annyira eltértek. Az első kísérletet, melynél a szél befolyása kiküszöböltetett, a párisi akadémia tagjai 1738-ban hajtották végre. Az által, hogy a két észlelőhelyen egyidőben egynemű hangokat hoztak létre, a szél e hangok sebességeire ellenkező befolyásokat gyakorolt, tehát a két sebesség középértéke megfelelt a nyugvó levegőben terjedő hang sebességének. De az akadémikusok csak két ilyen kölcsönös észleletet tettek; azonkívül az alkalmazott időmérés sem volt teljesen megbízható. Laplace a Newton-féle hangsebességi képletet kiigazítván, nagyon kíváncsnak tartotta, hogy megtudja, vajjon az elméleti eredmény a kísérletivel összevág-e, s a Bureau des Longitudes-

nek új mérés elrendelését ajánlotta. Laplace ajánlata elfogadtatván, a Bureau des Longitudes saját kebeléből Arago,- Prony-, Bouvard-, és Mathieut küldötte ki, mely bizottságba Gay-Lussac és Humboldt is meghívottak.

A hadügyminiszter két hatfontos ágyút és a királyi gárda tüzéreit bocsátotta a bizottság rendelkezésére. Az észlelőhelyek Montlhéry és Villejuif valának. Villejuifben Boscari kapitány állította föl az egyik ágyút (2-3 fontos töltésekkel), az észleleteket Prony, Mathieu és Arago tették; a másik ágyút Montlhéry-ben Perneti kapitány kezelte, az itteni észlelők pedig Humboldt, Gay-Lussac és Bouvard valának. A kísérletek jun. 21-én esti 11 órakor kezdődtek; az idő egészen tiszta volt, csak Villejuiftől fújt Montlhéry felé gyenge szél, a levegő középmeiséklete  $16^{\circ}$ , a légnyomás középértéke 756.5 mm, volt; a Saussure-féle higrométer 78 fokot mutatott.

Az észlelők abban állapodtak meg, hogy mindegyik állomásról, 10 percznyi időközökben, 12

lövés történjék s Montlhéry-ben a tüzelés 5 percczel előbb kezdődjék. A villejuifi észlelők a másik állomásnak mind a 12 lövését hallották; a lőpor fölvillogása és a hang megérkezte közötti időt Breguet-féle chronométerekkel (melyek 1/60 mperczet is jeleztek) mérték. Az észlelt idők közötti eltérések 0.3-0.4 mperczre rugtak; az észleletek középértéke 54.84 mpercz volt.

A montlhéry-i észlelők a 12 lövés közül csak 7-et hallottak; az észleletek középértéke 54.43 mpercz volt, minélfogva a hang terjedésére megkívántató idő 54.6 mpercznek vétetett.

Végre Arago, támaszkodva a fokmérési háromszögelésre, meghatározta a két állomás közötti távolságot s ezt 9549.6 toise-nak (18,612.5 m) találta. Ez adatok szerint a hang sebessége 174.9 toise vagy 340.88 m.

Arago, a mennyire lehetett, számításba hozta mindazokat a hibákat, melyek az észleleteknél elkövethetők valának. Ilyen hibák az időmérés, a szélrohamok befolyása s az észlelőhelyek távol-

ságmérése által idéztethettek elő; továbbá figyelembe kellett venni a hőmérő és a barométer változásait a kísérlet folyamában. Számításaiból kitűnt, hogy a végleges eredmény hibája mindössze 1 méterre rúghat.

#### XIV. Arago biográfiai és történelmi művei.

Arago 1830 jun. 7-én az Institut matematika-fizikai osztályának állandó titkárává választatván, az elhunyt akademikusok fölötti emlékszédek tartásának kötelezettsége rá hárult. Arago e kötelezettségnek fényesen megfelelt; emlékszédei az efféle akademikus szónoklatok közönséges formájától nagyon eltérnek, mert nem tekintve, hogy mint szépen kikerekített életrajzok az illető tudós szellemi életének s külső életviszonyainak vonzó képét nyújták, még a tudományok történetének egy-egy fejezetét is szemünk elé tárják. Hogy az ünnepezt férfiak tudományos érdemeit kellő világításban tüntesse elő, mindig előterjeszti tudományos viszonyait annak a kor-nak, melyben működtek s gyakran visszamegy az

egyres tanok történelmi kezdeteire. Mivel Arago az emlékbeszédek eme részére különös súlyt fektetett, a megvilágosítandó kérdéseket behatóan tanulmányozta; minélfogva emlékbeszédei - mindamellett hogy fejtegetéseihez néha-néha kétség is fér - a tudományok történetére nézve kiváló fontosságúak.

Arago szellemi tevékenységének ezt a részét szépen jellemzik Humboldt következő szavai: "A sokféle nézetkülönbség közepette bizonyára a közvéleménynek adok kifejezést, ha Arago emlékbeszédeiben a tények megállapítására fordított kritikai gondját, ítéleteinek részrehajlatlanságát, tudományos fejtegetéseinek világosságát, végre a tárgy nagyságával arányosan növekedő bensőségét magasztalom. Arago, mint az ész minden érdekének buzgó védője, emlékbeszédeiben gyakran érezteti velünk, hogy a jellem magasztossága mennyi nemességet és jelentőséget kölcsönöz a szellem műveinek. A tudományok alapelveinek föltüntetésében a szónok stílusa annál kifejezőbb, minél egyszerűbb és világosabb. E tekintetben

azt éri el, a mit Buffon a stílus igazságának nevez."

Arago-nak a gőzgépek feltalálására vonatkozó tanulmánya Franciaországban rendkívüli tetszésre talált; az igazi gőzgép feltalálójának egyedül Papin-t tekinti. Mindazonáltal úgy az erre a tárgyra, mint a vízösszetételnek történetére vonatkozó fejtegetéseit nagyon sokan, még pedig nem csupán nemzeti érzületből, nem találták részrehajlatlanoknak.

XV. Arago mint akadémikus. - Politikai tevékenysége. - Jelleme. - Halála.

Arago az akadémiába belépven, eme híres testületnek csakhamar egyik legbefolyásosabb tagjává lett. Tudományos érdemeivel, önzetlenségével és igazságszeretetével köztiszteletet vívott ki s így eshetett meg aztán, hogy a fiatal ember, nézeteit, a tudományos hírnevük délpontján álló akadémikusok nézeteivel szemben is érvényesíthette. Különös érdeklődéssel viseltetett az akadémiai választások iránt: az érdekesebb jelölt meg-

választása érdekében mindent elkövetett, s hogy Malus, Liouville és Poisson nevei ismeretlen személyiségek ellenében diadalmasan kerültek ki az urnából, ez egyedül az ő buzgalmának volt köszönhető.

Gyakran megesett, hogy a kormány beavatkozott az akadémiai választásokba. Arago ilyenkor azon volt, hogy a kormány jelöltjeit minden áron megbuktassa. Egy alkalommal a kormány felszólította Legendre-t, hogy Binet-re szavazzon. Legendre nyíltan kijelentvén, hogy meggyőződése sugallatát fogja követni, állását azonnal elveszíté. De ez az eset a legkevésbé sem hatott Arago-ra, sőt ellenkezőleg, nyíltan agitált a kormány jelöltje ellen s meggyőzte az akadémia tagjait a kormány beavatkozásának helytelenségéről. Az eredmény az volt, hogy a kormány jelöltje megbukott.

Arago-nak tekintélye rövid idő alatt annyira emelkedett, hogy őt nemcsak a legfontosabb ügyek elintézésére alakított bizottságokba válasz-



tották, hanem még 1822-ben, a Delambre halála után, Biot és Fourier-vel az állandó titkári tisztségre is kijelölték. Arago nyíltan kijelenté, hogy egy szavazatra sem tart igényt, mert hivatalokkal már amúgy is meg van terhelve s hogy e tekintetben a Biot helyzete sem jobb, minélfogva a Fourier megválasztását leginkább óhajtaná. E nyilatkozatnak meg volt a kellő hatása: Fourier 38 szóval Biot 10 szavazata ellenében titkárrá választott.

Fourier 1830 máj. 16-án elhalálozván, Arago a már régebben neki szánt hivatalra újra kijelöltette. Arago ismét szabadkozott, de a 44 jelenlevőnek reá adott 39 szavazata annyira meggyőzte őt a közbizalomról, hogy ezt visszautasítania nem lehetett. Azonban híven a már nyilvánosan kijelentett elveihez, nem akarta magát hivatalokkal túlterhelni, s politechnikumi tanári állomásáról, daczára a hadügyminiszter (Soult marsall) és a legkiválóbb akadémikusok biztatásainak, lemondott.

A száz nap után a császár az Egyesült-Államokba akart utazni, hogy ott kizárólag a történelemmel és a tudományokkal foglalkozzék, s Arago-t magával akarta vinni. De az angolok közbevetették magukat és Szt. Ilona szigete megíjította ezt a szövetséget, mely bizonyára rendkívüli dolgokat létesített volna.

Sándor czár Arago-t Szentpétervárra hívta. Oroszország összes tudományos intézeteinek igazgatása százezer rubel tiszteletdíj mellett - ez volt a föltétel. De Arago, ki nem követhette a császárt, Franciaországban maradt; a restauráció meghagyott még neki "egy köpillért, melyre a teleskóp lábát tehettem."

Arago, ki már ifjú korában, tudományos tevékenységének közepette, a politikai események szeszélyétől üldöztetett, sokkal közelebbi érintkezésbe jött a nemzetek politikai életének nyilvánulásaival, semhogy később ellenállhatott volna a váagnak, hogy az emberi és nemzeti érdekekért, ha kell, a szellem fegyvereivel síkra száll-

jon. Politikai tevékenységében mindenütt fölismerjük az igazságot és az eszmék szabadságát kivívni törekvő természettudóst; ugyanazokat az elveket, melyeket a tudomány jogainak kivívására használt föl, a politikai küzdőtéren is vallotta, s. így a legtisztább haza- és szabadságszeretettől áthatott tudós a közélet terén is nemzetének egyik legkiválóbb alakjává lön.

Arago 1811-ben Lucie Carrier kisasszonyt, egy főmérnök leányát vette el, de már 1829-ben elveszíté. Mondják, hogy Arago republikánus hajlamait ez ideig neje, kit imádott, mérsékelte. Tény az, hogy politikai nyomatékosabb működése az 1830. év válságaival kezdődik.

Arago szilárdan meg volt győződve, hogy X. Károly kormányrendszere a nemzet jólétére és a szabadságra egyaránt veszélyes, s midőn a kormány gazdálkodása mindinkább tűrhetetlenné vált, Arago azokhoz, kik a rendszer megváltoztatását sürgették, vagy inkább előkészítették, szívvel-lélekkel csatlakozott.

X. Károly 1830 jul. 25-én adta ki a három híres rendeletet, melyekkel a hírlapok és folyóiratok sajtószabadságát fölfüggesztette, az aug. 3-ára behívott kamarát föloszlatta s a képviselők számát redukálta.

Arago 1830 jul. 26-án az akadémiába ment, hogy ünnepélyes ülésen elmondja Fresnel fölötti emlékbeszédét, az elsőt, melyet, mint az akadémia állandó titkára, tartandó vala.

De midőn a Moniteur-ben a híres rendeleteket elolvasta, azonnal fölismerte azoknak súlyos következményeit s elhatározta, hogy az ülésben nem vesz részt. Elhatározását a következő sorokban, melyek az emlékbeszéd helyett lettek volna fölolvasandók, fejezte ki: "Uraim! A ki önök közül a Moniteur-t olvasta, azt a mély szomorúság érzete bizonyára elfogta; ne csodálkozzanak azon, hogy magamnak sincs elegendő nyugalmam arra, hogy az ünnepélyes aktusban részt vehessek."

Arago-t, ki e sorokat többekkel előzetesen közölte, azonnal minden oldalról megtámadták. Kollégái azt hozták föl, hogy e lépése az Institut fölосzlatását vonhatná maga után, s ily katasztrófa előidézésére ő, mint a testület legifjabb tagja, feljogosítva nincs. Arago különös tekintettel az anyagi csapásokra, melyek néhány tagot a fölосzlatás miatt érhetnének, szándékától elállott ugyan, de az emlékbeszédben mindazokat a helyeket, melyek a királyi rendeletek kibocsátása következtében nagyon kényesekké váltak, változatlanúl megtartotta. Hangos tetszésnyilvánítások kísérték szavait.

Néhány nappal a rendelet kibocsátása után a forradalom már tetőpontját érte el. A királyi csapatok és a lázadók (az utóbbiak vezérei a politechnikai iskola növendékei valának) iszonyú vérontást követtek el. Arago összes befolyását fölhasználta, hogy a gyilkolásnak véget vessen. A katonaság parancsnoka Marmont ragúzai herczeg volt, a ki maga is egy 7000 főnyi csapattal intézte a támadást. Arago elment a herczeg-

hez, kivel régibb idők óta szíves baráti viszonyban volt s kinek hathatós pártfogásában egyes tudományos munkálatok kivitele alkalmával gyakran részesült, s nyíltan s a valóságnak teljesen megfelelőleg föltüntette a további ellenállás és vérontás sikertelenségét. Arago közbenjárása nem volt eredménytelen; hogy a forradalom jul. 29-én már be volt fejezve, ebben neki kiváló érdemei vannak.

A következő időszak politikai eseményeiben Arago a keletpirenéusi département képviselőjeként szerepelt. Arago az ellenzék padjára ült; ő volt az első, ki 1832 körül a reform szót hangoztatta, mely szó Lajos Fülöpre nézve végzetes következményeket vont maga után.

Kitünő szónoklatai a hatalom embereit mindig félelembe ejtették. Nagyhatású számos beszéde közül csak azokat akarjuk fölemlíteni, melyeket a gépipar, a vasutak és a gőzhajózás fejlesztése érdekében tartott. Eme beszédei a tudományos értekezések nevére jogos igényt tarthatnak. A

szónoki formák összes erejével terjeszté elő mindazokat az alapos tanulmányokat, melyeket a vitatott tárgyakról előzetesen tett. Politikai nyilatkozatainak a tudomány fegyvereivel adott súlyt: innét eredt az az általános érdek, melyet szónoklatai keltettek.

Vicat, a hidraulikus mész feltalálója és Daguerre, a fotográfia feltalálója Arago indítványára részesültek nemzeti jutalomban. Ugyanő szavaztatta meg a kamarával Dusommerard gyűjteményeinek (jelenleg Cluny-féle muzeum) az állam által való megvételét.

Arago-t a természet a kitűnő szónok kellékeivel bőven megajándékozta. Imponáló alakja, a gondolat hatalmát és az akarat szilárdságát kifejező szemei és hangsúlyozása a hallgatóra a legkedvezőbb benyomást tették; midőn érczes szavát fölemelte, hogy férfias bátorsággal és szónoki hévvel a szabadság és az értelem védelmére keljen, mély csend uralkodott a teremben, min-

denki feszült figyelemmel csüggött a szónok szavain.

Midőn Lajos Fülöp kormánya jónak látta, hogy a lázadások ismétlődésének Párisban és környékén emelendő védőművekkel vegye elejét, Arago még az ide vonatkozó rendelet kiadása napján Lafitte és Odillon-Barrot társaságában a királyhoz ment, hogy őt ez erőszakos intézkedés visszavonására bírja. Arago nyílt szavakkal jellemezte az ország válságos helyzetét, de a király hajthatatlan maradt. Arago most a nyilvánosság terére lépett s oly élénk színekkel festette a védőművek felállításából a közszabadságra háramló veszedelmeket, hogy a kormány tervével végtére is felhagyott.

Mint buzgó republikánus részt vett ama gyűlekezetekben, melyek reform-bankettek czímén a fönnálló kormányforma ellen demonstráltak; a kormány erőszakos intézkedéseitől a legkevésbé sem rettent vissza, de éppen ilyen szilárdsággal fékezte a mindent romlással fenyegető demagó-



gia áramlatát. Febr. 24-én este a Hôtel de Ville előtt összegyűlt tömeg elé a következő erélyes szavakkal lépett: "Nem, polgárok, ezerszer nem! Az itt jelenlevő kétezer ember nem képviselheti a nemzet akaratát. A köztársaságot, bármint óhajtsák önök, bármint óhajtsam magam is, nem fogom proklamálni. "

A februári forradalom ideiglenes kormányában Arago eleintén a tengerészeti, később a hadügyi tárczára vállalkozott. A tudósból miniszterré lett 62 éves férfiú rendkívüli tevékenységet fejtett ki. Az új kormány azonnal eltörölte a halálbüntetést; ez intézkedésnek Arago, ki a halálbüntetést egyáltalában elvetendőnek tartotta, hatalmas előmozdítója volt.

Ez időszaknak a politikai s egyszersmind társadalmi térre átsapott véres harcjai között Arago mindvégig híven és szilárdan megmaradt politikai elvei mellett. A nyilvános rendben gyökerező közszabadság föltétlen megőrzése volt törekvéseinek főcélja. Miként híres honfitársa, Lafa-

vette, úgy ő is azok közül a republikánusok közül való volt, kik a tökéletes állam ideáljának az Egyesült-Államokat tekintették.

Államférfiúi tevékenysége mellett nem feledkezett meg szülőföldjéről sem. A rendkívüli népszerűséget, melynek szülőföldjén örvendett, arra használta föl, hogy a kelet-piréneusi departement-ban a februári napok után kitört mozgalmat, melynek véres kimenetelében senki sem kétkedett, már csíráiban elfojtsa. Míg az egész ország véres tusák színhelye volt, addig Arago szülőföldje a pusztítástól s vérontástól megkímélve maradt. A département avval fejezte ki háláját a nagy férfiú iránt, hogy őt a nemzetgyűlésbe is megválasztotta.

Az ideiglenes kormány leköszönvén, Arago a nemzetgyűlés bizalmából a végrehajtó bizottság tagjává választatott. Ez állásában rendíthetetlen bátorságát a júniusi forradalom iszonyatosságai között is megőrizte. Midőn a közfigyelem az ellenöki kérdésre irányult, Arago határozottan elle-

nezte Napoleon Lajos megválasztását, s az új miniszterium politikája ellen is többször kikelt. Arago nagyon is tisztán látta, hogy a Napoleon elnöksége mire fog vezetni, de a tények hatalmával szemben a passzivitás terére kellett lépnie. A törvényhozás 1849 és 1850-iki tárgyalásaiban Arago már alig vett részt.

Az 1851 decz. 92-iki államcsíny után Aragonak elegendő bátorsága volt arra, hogy szavát a szerencsétlen deportáltak érdekében fölemelje s száműzetésük helyét az elevenen eltemetettek sirjaként tüntesse föl. Ez volt az utolsó föllépése azon a pályán, melyben a pártszenvedély sok gáncsolni valót talált ugyan, mert nemes intenczióit a pártérdekek félszeg szempontjából ítélte meg, de a melyen mégis mindvégig megmaradt birtokában ama köztiszteletnek, melyet csak az emberi szenvedélyek hullámcsapásaitól érintetlen érdemekkel, a tudományos érdemekkel szerezhetni meg.

Arago a tudósok között oly gyakori irigységet nem ismerte. Az ifjabb tehetségeket önzetlenül pártolta és gyámolította, s minden életrevaló új találmánynak közelismerést és méltatást szerzett. Szeretetreméltó jelleme egymagában elegendőnek látszott arra, hogy tevékenységét siker koronázza. A mi pedig őt a külföld tudományos körei előtt is a köztisztelet tárgyává tette, ez az a föltétlen elismerés volt, melylyel minden külföldi eredménynek adózott, s az a szívesség, melylyel a saját kutatásait a külföldi tudósokkal közölte. Akadémiai emlékbeszédei fényesen tanúskodnak arról, hogy a valódi érdem megítélésében mily semmis szerepet játszott nála az illető tudós nemzetisége. Legfeljebb az olaszok iránt tanúsított némi idegenkedést, a mi világosan kitűnik Galilei biográfiájából, melyben Galilei-t szónoki fogásból nagyon és egészben bámulja, hogy a részletekben annál sötétebbnek rajzolhassa. Különben úgy látszik, hogy evvel csak a Libri magasztalásait akarta ellensúlyozni.

Arago-t majdnem valamennyi akadémia tagjává választotta s az angol tudományos körök részéről annyi megtiszteltetésben részesült, a mennyivel ő előtte egy francia tudós sem dicsekedhetett. Midőn 1834-ben az edinburgi egyetemet meglátogatta, az egyetem részéről a jogtudori diplomát nyerte, Edinburg városa pedig polgárává választotta. Ugyanilyen kitüntetésben Glasgow városa részéről is részesült.

Élte utolsó szakában egészségi állapota lassan, de folytonosan hanyatlott. Arago a vernet-i fürdőben keresett üdülést, de szülőföldjének levegője a katasztrófát már csak késleltetni volt képes. A szenvedés napjaiban rokonai szűk körében lelte meg a kellő vigasztalást; fiai, nővére (Mathieu neje) s egyik sógornéja (Laugier neje) vetélkedtek abban, hogy szenvedéseit enyhítsék. E szereplő kör övezte körül Arago-t, midőn nagy lelkét 1853 okt. 2-án Párisban kilehelte.

Utolsó szenvedései közepette diktálta a légköri elektromosságra vonatkozó terjedelmes értekezé-

sét Goujon nevű tanítványának és titkárának, a párisi obszervatórium egyik csillagászának.

Arago temetésén mintegy negyvenezer ember vett részt. Akadémikusok, diplomaták, írók, művészek, polgárok, munkások és katonák kísérték a Père la Chaise temetőbe; III. Napoleon a kormány több tagja által képviselteté magát.

Arago megvetette a pénzt. Nemcsak hogy miniszteri fizetését nem vette föl, de még azon sem volt, hogy becses irataiból hasznot merítsen: műveit nem adta ki. Összes művei csak halála után jelentek meg 1854-től 1859-ig, egyidejűleg francia és német nyelven (a francia kiadás Barraltól, a német kiadás Hankel-től Lipcsében).

Arago-nak méltóbb emléket nem lehetett volna állítani összes művei kiadásánál; dicsősége nem szorúlt külső emlékeztető jelekre, mert - hogy Humboldt szavaival éljünk - "az ő nevét mindenütt fogják becsülni, a hol a tudományos munkákat tiszteletben tartják, a hol az ember méltósága és a gondolkodás függetlensége fönnáll, a hol a

közszabadságot szeretik." Mégis, hogy emléke külső jellel is megőriztessék, honfitársai elhatározták, hogy Perpignan egyik nyilvános terén ércszobrát fogják felállítani. E szobor 1878 szept. 21-én nagy ünnepélyességgel lepleztetett le. Mellszobrát már III. Napoleon állíttatá föl a versaillesi muzeumban.

Arago-nak két öccse (Viktor és Étienne) az irodalmi és politikai pályán szerepelt; három fia közül csak Emanuel vergődött nevezetességre.

# FRESNEL



FRESNEL.



Az elméleti optika körül a jelen század elején megindult mozgalomban Young-öt illeti az érdem, hogy munkáival megnyitotta az elméleti vizsgálatoknak azt a sorozatát, melynek előbb-utóbb a hullámelmélet diadalát kellett kivívnia. Ellenben Malus-t illeti az érdem, hogy feltalált olyan kísérleti tényeket, melyek nélkül az elméleti optika épületét sohasem lehetett volna betetőzni. E tényekhez járultak Arago fölfedezései, melyek ismét a megvizsgálandó tárgyak körét terjesztették ki. Young elméleti, Malus és Arago pedig kísérleti tényekkel inaugurálták az optikának új korszakát.

Young munkái, melyek az ismert tünemények egész csoportjára új fényt derítettek, a hullámelméletre nézve előmozdító, Malus és Arago találmányai pedig - legalább eleintén - hátráltató befolyással voltak. Valóban, az akkori hullámelmélet sokkal fejletlenebb volt, semhogy az új tüneményekkel egyszerre elbánhatott volna s nem is csoda, hogy az új tények, persze csak valódi természetük félreismerése miatt, elég erősek voltak

arra, hogy megingassák még azt a kiváló szellemet is, ki az elméleti új irányt kijelölte. A hullámelmélet elé nehéz akadályok gördültek; ez akadályok elhárítása volt az első teendő; az a körülmény, hogy az emisszió-elmélet nagyszámú segítő hipotézisei dacára sem boldogulhatott, a hullámelmélet ügyén mit sem lendíthetett. Ily körülmények között a hullámelmélet csak úgy vergődhetett teljes diadalra, ha olyan művelőre talált, ki nemcsak az addig üresen hagyott hézagot tölté be, hanem még képes volt megmérkőzni azokkal a tüneményekkel is, melyekkel szemben mind az emisszió-elmélet, mind pedig az akkori hullámelmélet elégtelen volt.

E nehéz feladat megoldása Fresnel-nek volt fentartva. Az optikának ez a kiváló művelője, a lángész minden képességével felruházva, képes volt arra, hogy a hullámelméletet az optika valamennyi ágában kérlelhetetlen következetességgel érvényre juttassa. Fresnel munkái egy tudományos elméletnek diadalmenetét tárják szemeink elé. Valóban, ki kételkedhetnék a hullámelmélet

teljes diadalában, ha annak egyik érdemes munkása minden túlzás nélkül mondhatta, hogy ez az elmélet "épen úgy előre megmondja a diffrakció tüneteményeit, mint a gravitáció elmélete az égitestek mozgásait." De a Fresnel munkái még sokkal meglepőbb dolgok előremondását tették lehetővé.

I. Fresnel ifjúsága. - Mérnöki pályája. - Első munkái.

Augustin Jean Fresnel 1788 máj. 10-én Bogliiban a Drôme departementban született. Atyja műépítő volt s a forradalom kitörésekor a cherbourgi kikötő építésével foglalkozott, de a beállott zavarok miatt a Caen közelében fekvő Mathien falúba kellett visszavonulnia. Fresnel-nek és még három testvérének első neveléséről művelt és nemes lelkületű anyja gondoskodott.

Fresnel beteges és gyenge testalkatú lévén, első tanulmányaiban oly lassan haladt, hogy 8 éves korában alig tudott olvasni. Az ókori nyelvek iránt sem gyermekkorában sem később semmi

hajlammal sem viseltetett. Gyenge emlékező tehetsége, mely valami magasabb fokra később sem fejlődött, az idegen szavak betanulását rendkívül megnehezíté, s csekély előmeneteléből ítélő oktatói nem sokat tartottak jövőjéről, holott gyorsan haladó bátyjának fényes jövőt jósoltak. S mégis, Fresnel bátyja, ámbár a mérnöki pályán kiváló sikerrel működött, nevét csakis öcscse dicsőségének révén tartotta fenn!

Ugy látszik, hogy Fresnel tanulótársai a benne lakozó pragmatikus észet jobban fölismerték mint tanítói, mert őt lángész melléknévvel tisztelték meg, még pedig nem gúnyból. Fresnel ezt a megtiszteltetést tanulótársai ízlésének megfelelő fizikai vizsgálatokért kapta: kilencz éves korában a legnagyobb kitartással fürkészte, hogy miféle méretek szerint legczélszerűbb kifaragni a bodzafapuskákat s hogy a vesszők mely faja a legalkalmasabb az íjjak készítésére.

Fresnel 13 éves korában hagyta el a szülői házat s bátyjával együtt a caen-i középponti iskolá-

ba lépett. Kitűnő tanítók vezetése alatt addigi mulasztásait csakhamar pótolta; 17 éves korában már beléphetett a politechnikai iskolába, melyet bátyja már egy évvel előbb látogatott.

Ez időtájban Fresnel egészsége oly gyenge lábon állott, hogy ismerősei nem hitték, hogy a kötelező tanulmányok terheit elbírja. Azonban a testi erő hiányát lelki ereje bőven kipótolta: nehézségekre nem akadt s a grafikai módszerekben valamennyi tanulótársát fölülmúlta. 1804-ben a Legendre kitűzte geometriai pályakérdést oly szabatosan fejté meg, hogy a feladat kitűzője nyilvánosan gratulált az ifjú versenyzőnek. Ez a kitüntető elismerés ébreszté föl először szellemi erejének eddig szunnyadozó öntudatát.

A politechnikai iskola kurzusait bevégezvén, Fresnel a mérnöki szakiskolába (École des ponts et chaussées) lépett. Miután itt mérnökké lett, a vendée-i utak építéséhez osztatott be. 1812 vége felé megbízott, hogy hosszabítsa meg a Nyons-on túl azt az utat, mely Olasz- és Spanyolország

között a legrövidebb összeköttetést vala helyreállítandó. E munkálatok, bár a közjó előmozdítására nagyon üdvösek lehettek, nem feleltek meg Fresnel tehetségeinek. Fresnel a tudományos világtól 8 vagy 9 éven át teljesen el volt szigetelve. Ily körülmények között más valaki, magasabb szellemi hivatása öntudatában, a gyakorlati tevékenység gondjait elhanyagolta volna, azonban Fresnel kötelesség-érzete megküzdött mérnöki tisztének minden nehézségével. A rendelkezésére álló összegek lelkiismeretes felhasználását becsületbeli kötelességnek ismerte; ha a kezeléssel meghízott valamely közeg hiányos számlát terjesztett eléje, az illetőt szigorúan rendre utasította. Azonban a kötelezettségeknek ez a neme, épen azért, mert nagyon lelkiismeretesen járt el, nagyon terhére esett. Arago-hoz 1816 decz. 14-én írt levelében ezt nyíltan bevallja. "Ez az életmód nem esnék terhemre, ha csak a testemet kellene fárasztanom s ha nem kellene a lelkemet is a fölügyelet gondjaival gyötörnöm, pörölnöm s szigorúnak lennem." Ugyanez évben nagybátyjá-

nak ezeket írta: "Mi sem terhesebb rám nézve mint az emberek fölötti fölügyelettel való foglalkozás, s megvallom, hogy ehhez nem értek."

Ily körülmények között Fresnel eleintén sem az optikával sem más tudományos kérdéssel nem foglalkozott, hanem szabad idejét inkább filozófiai és vallásos elmélkedésekkel töltötte. Fresnel családi nevelésében a vallásos elem volt az uralkodó; ifjabb korában egészen a vallásos irány befolyása alatt állott.

Tudományos elmélkedéseinek első tárgyait a hidraulikából s a chemiai technológiából merítette s ez által Gay-Lussac és Thénard-al jött érintkezésbe. Az optikára 1814-ben fordította először figyelmét. Már mint a politechnikai iskola növendéke észrevette a nehézségeket és a hiányokat, melyek a fény és hő anyagi hipotéziséből erednek s egy pár év múlva legfőbb törekvése volt, hogy a régi elméletek helyébe újakat állítson. Azonban e jó szándék kiviteléhez kellő készség és megfelelő segedeszközök is kellettek

volna, Fresnel pedig e kellékek egyikével sem rendelkezett. A politechnikai iskolán a fizika tanára akkoriban Hassenfratz volt, ki még a saját szakmájához is oly keveset értett, hogy néha még tanítványai is megtréfálták, nem csoda tehát, ha Fresnel a hullámelmélet akkori állapotával meg nem ismerkedhetett, mérnöki praxisa idejében pedig az e tárgyra vonatkozó értekezések kezei közé nem kerültek, az egész fizikát alaposan tárgyaló tankönyvek pedig akkoriban még nem voltak. Fresnel, 1814-ben kérte meg bátyját, küldené el neki Haüy fizikáját, mely különben az optikát nagyon hiányosan tárgyalta. "Szeretném, mondja Fresnel ugyane levélben, ha megkaphatnám azokat az értekezéseket, melyek megismertetnék velem a fizikusoknak a fény polározódására vonatkozó találmányait. Néhány hó előtt azt olvastam a Moniteur-ben, hogy Biot az Institut-ben egy igen érdekes értekezést olvasott föl a fény polározódásáról. Hiába töröm a fejemet, hogy ez mi lehet, nem tudom kitalálni."



E körülményeket csak azért említettük föl, hogy annál inkább átlássuk, mily nagy önállósággal alkotta később Fresnel ama szép elméleteket, melyeket bizonyos pontig már mások is, nevezetesen Young, kifejtettek. Fresnel minden elszigeteltsége daczára is foglalkozott az optika egyes kérdéseivel, csakhogy tájékozatlansága miatt oly tételeket fejtegetett, melyeket Bradley és Clairaut már teljesen megoldottak. Fresnel a fény aberrációjának tüneteményeit az akkori tankönyvek hiányos magyarázatától eltérőleg fejtegette, de midőn arról értesült, hogy már megfejtett dologgal foglalkozott, munkáját félre vetette. Valószínű, hogy Fresnel-nek tevékeny szelleme még tovább is ily terméketlen irányban működött volna, ha az 1815-ik év politikai eseményei a kedvező fordulatot elő nem idézik.

Fresnel nevelésének irányzata és a családi befolyás következtében buzgó royalista volt. A Bourbonok visszatérését 1814-ben a legnagyobb örömmel üdvözölte. A császárság dicső napjai őt nem lelkesítették, mert a hazájára súlyosodó des-

potizmus lelohasztotta a hadi dicsőség fölötti örömeit. Az 1814-iki új alkotmányban a szabadság és a jólét legalaposabb biztosítékát s Franciaországnak politikai újjászületését látta. Napoleon visszatérését Elba szigetéről az emberi civilizáció ellen intézett támadásnak tekinté, elannyira, hogy gyenge testalkata daczára hazafias kötelességének ismerte, hogy mint önkéntes az Angoulême herczeg kicsiny seregéhez szegődjék, mely sereg, a Napoleon terveit megakadályozandó, az ország déli részeibe vonúlt.

Emez expedíció szerencsétlen kimenetele után Fresnel Nyonsba vonúlt vissza, hol őt a politikai meggyőződést nem respektáló csöcselék gúnyja és szitkolódása fogadta. Pár nap múlva megjelent egy császári biztos, ki őt állásáról elmozdította s a rendőrség fölügyelete alá helyezte. Azonban ez az őrizet nem lehetett valami szigorú, mert Réal gróf, a rendőrfőnök, megengedte neki, hogy családjá meglátogatására Mathieube, innét pedig Párisba mehessen. Az utóbbi helyen a tájékozatlan fizikus érintkezésbe tette magát ré-

gi iskolatársaival s a tudomány kiváló képviselőivel, különösen pedig Arago-val. Mindamellett hogy a várt útbaigazítások csak annyiban állottak, hogy Arago az angol nyelvben járatlan fizikusnak megjelölte Young-nek a diffrakciót tárgyaló értekezéseit, Arago biztatásai és bátorításai Fresnel tudományos tevékenységét mégis azonnal a helyes irányba terelték.

Ez időtől kezdődik Fresnel életének legfényesebb szakasza. Nyolcz év lefolyása alatt az elméleti optikát a tökéletességnek addig el nem ért fokára emelte.

Elérkeztünk ama ponthoz, melynél Fresnel páratlan munkáit történelmi fejlődésük szempontjából elemeznünk kell. Mielőtt hozzáfognánk eme nehéz feladat megoldásához, csak azt akarjuk még megjegyezni, hogy Fresnel a második restauráció következtében teljes szabadságát és hivatalát már 1815 július havában visszanyerte, s hogy ugyanezen év végén hivatalos szolgálatát újra megkezdette.

II. Fresnel műveinek általános elvi jelentősége. - A fény interferenciája.

A hullámelmélet fejlődésében Fresnel idejéig három elvies mozzanat van. Huyghens felállította a burkoló hullámok elvét; Euler a fényrezgések időszakosságának fogalmát fejlesztette; végre Young felállította az interferenciák elvét. A három elv közül egyik sem állott azon a fokon, hogy azt minden nehézség nélkül lehetett volna alkalmazni, mert a hullám-elmélet művelőinek figyelme mindig csak az egyes elvekre s nem a közöttük létrehozandó kölcsönösségre terjedt ki. A hullámelmélet további fejlődésére nézve az addig használt elvek összefűzése életkérdés volt. E nélkül a hullámelmélet egyes elvei mint különálló doktrinák bizonyos határig megállhattak volna, de azt a nehézséget, mely alkalmazásaikban mindannyiszor nyilvánul, valahányszor a tümenyek magyarázatára a hullámelmélet valamennyi alapelve összefűzendő, sohasem oszlaták volna el. Az egyes elvek összefűzésében rejlik Fresnel műveinek elvi jelentősége; Fresnel

ugyanazt a munkát hajtotta végre a hullámelmélet elveivel, melyet Lagrange a mechanika általános elveivel.

Fresnel műveit Arago és Verdet szerint három csoportba oszthatjuk. Az első csoportbeliek a tü-nemények azt a sorát ölelik föl, melyben a fény az interferenciára képes rezgésekből álló ágens-ként szerepel; itt találjuk föl a burkoló hullámok elvének az interferenciák elvével való összefű-zését, mely összefűzésnek elsőrendű elvi jelen-tőssége van. Fresnel munkáinak első csoportjában eldöntetlen marad, hogy a fényrezgések e hangrezgések módjára longitudinális hullámokban terjednek-e, vagy pedig, hogy a rezgések iránya a terjedési irányra függélyes-e. E különbség megállapítása, azaz a mondott irányviszonyok eldöntése Fresnel műveinek második csoportja. Végre a harmadik csoport magában foglalja a kettős törés elméletét, melyben Fresnel, miután a fényrezgések természetét már a megelőző vizsgálatokban megállapította, a fényt tovaterjesztő közegnek fizikai szerkezetét határozza meg.

Fresnel műveinek ezt a felosztását a közöttük fenálló logikai összefüggés teljesen igazolja, s e felosztás megfelel a chronológiai rendnek is, sőt a dolog természete szerint kell is hogy megfeleljen. Ha a diffrakció elméletének fejlődését a hullámelmélet szempontjából akarjuk elemezni, akkor Grimaldi-tól egyszerre áttérhetünk Young-re, mert Huyghens és Euler figyelme a tűnemények eme csoportjára alig terjedt ki; Newton és utána Delisle, Maraldi, Mairan stb. vizsgálatai pedig a hullámelmélet körén kívül esnek s csak annyiban veendőek figyelembe, a mennyiben egyes eredményeik a hullámelméletben is, nevezetesen Young-nél szerepeltek. Eleintén Fresnel is elfogadta Young-nek a fénysugarak menetére vonatkozó nézeteit s épen e nézeteknek beható kritikája által vezettetett arra, hogy a hullámelméletnek Young által még mellőzött egyik elvét az interferenciák elvével szerves összefüggésbe hozza.

Fresnel a diffrakciót Mathieuben kezdette tanulmányozni. Mivel nem rendelkezett mikromé-

terrel, melylyel a csíkok szélességeit mérhette volna, s napállítóval, melylyel a fénysugaraknak állandó irányt adhatott volna, fonalakból és kártyapapírból maga készített mikrométert, a napállítót pedig rövid gyújtó távolságú lencsével pótolta; a megkívántató tartókat és állványokat a falu lakatosja készítette. Eme durva eszközökkel kapott eredmények alapján két terjedelmes értekezést állított össze s ezeket az akadémiának bemutatta; megvizsgálásukkal Arago bízott meg.

Arago-nak sikerült az építési főigazgatónál ki-  
eszközölnie, hogy Fresnel néhány óra Párisba  
jöhessen, hogy itt kísérleteit finomabb eszközök-  
kel ismételhesse. Fresnel e kedvező körülményt  
föl is használta, értekezéseit átdolgozta s így je-  
lent meg a diffrakcióra vonatkozó első dolgoza-  
ta a nyilvánosság előtt.

Fresnel első kísérleteiből arra a Young-féle kö-  
vetkeztetésre jutott, hogy az árnyék belső szélén  
levő csíkok az inflexió eredményei, mert midőn  
az alkalmazott vasdrót egyik széle mellett haladó

sugarakat felfogta, a belső csíkok elenyésztek. De miként Young, úgy ő is átlátta, hogy a csíkok nem eredhetnek a szélek mellett haladó sugarak egyszerű keverődéséből, hanem inkább találkozásából és áthatolásából, s hozzáteszi, hogy "könnyű átlátni, miszerint az igen kicsiny szög alatt találkozó két sugár rezgései egymást korlátozzák, ha az egyik sugár rezgéseinek hullámhegyei a másiknak hullámvölgyeivel találkoznak." E szavakban az interferenciák elve homályosan ugyan, de félreismerhetetlenül ki van fejezve; Fresnel tehát önállóan jött a Young alapgondolatára s még abban is összetalálkozott az angol fizikussal, hogy az árnyék külső szélén levő csíkokat ő is a direkt és a test széle által visszavert sugarak találkozásának tulajdonította.

Az interferenciák elvének és a Huyghens elvének összekapcsolását, persze még nem a diffrakció elméletére vonatkoztatva, Fresnel-nek az akadémiához benyújtott első értekezésében találjuk. Ugyanis ebben a többi között a törés és visszaverődés törvényeit tárgyalván, a Huyghens el-



méletét egészen szabatosá tette, mert bebizonyította, hogy abban az esetben, ha a törő vagy visszaverő fölület csak kissé terjedelmes is, az ezen fölület egyes elemeiből kiinduló rezgések találkozása miatt csakis a rezgések tovaterjedése irányában lehet észrevehető fény. Nyilván való, hogy Fresnel-nek most még csak az ugyanazon hullám különböző elemeiből kiinduló rezgések kombinációját kellett meghatározni, hogy az árnyékok képződését is megmagyarázta legyen.

E feladat megoldása nem sokáig váratott magára. 1816 jul. 15-én Fresnel az első értekezéseihez való toldalékot mutatta be az akadémiának; e toldalékban a diffrakciót többé már nem a Young-féle inflexiós alapon, hanem a hullám különböző pontjaiból kiinduló rezgések találkozásának alapján tárgyalta. Fresnel-nek e munkája nem támaszkodik ugyan számbeli meghatározásokra, de szinthézises érvelése a legcsekélyebb részletekre is kiterjed s lépésről-lépésre kimutatja Young föltevéseinek tarthatatlanságát. Ezt a szerény toldalékot úgy tekinthetjük, mint előfutóját ama tel-

jes és az analízis hatalmas segédeszközeivel kifejlesztett elméletnek, melylyel Fresnel a tudományt nemsokára gazdagítandó volt.

Fresnel 1816-iki párisi tartózkodása e fontos érveléseken kívül még az által is nevezetessé vált, hogy Fresnel ez időben találta föl ama híres kísérleteket, melyekből világosan kitűnt, hogy nemcsak a testek szélei által az eredeti irányuktól eltérített vagyis az inflexiós sugarak, hanem a közönséges módon visszavert vagy megtörött sugarak is eredményezhetnek interferenciát.

A szóban forgó kísérletek között a leghíresebb az úgynevezett tükrökísérlet, melyet Arago írt le először. E kísérletnél ugyanannak a fényforrásnak sugarai egymáshoz igen tompa szög alatt hajló két tükröre esnek: a csíkok az e tükrök által visszavert, tehát lényegükben nem módosított sugarak találkozásából erednek. Alig képzelhető módszer, mely az interferenciák elvének kísérleti bebizonyítására alkalmasabb volna. A kísérlet berendezésének egyszerűsége és az a csekély

mathematikai apparátus, melyet a mutatkozó tü-  
nemények elméleti fejtegetése megkíván, nagyon  
alkalmasak arra, hogy a hullámelmélet alapelveit  
még a legkevésbé gyakorlott kezdővel is megér-  
tessék; a tükörkísérlet azóta a legalkalmasabb  
eszköz arra, hogy a kezdőt az elméleti optika  
sokoldalú tárgyaiba bevezesse. A kísérlet becstét  
rendkívül emeli az a körülmény hogy a hullám-  
hosszak számbeli meghatározására, mint ezt már  
a feltaláló megmutatta, igen egyszerű módszert  
nyújt.

A tükörkísérlet egyszerű módosítása által Fres-  
nel a hullámelméletnek egy addig kétes pontjára  
is fényt derített. Young a színgyűrűket magyará-  
zandó, föltette, hogy a levegőben haladó sugár-  
nak üvegfelület okozta visszaverődése a rezgés-  
sebesség jelének megváltozásával jár, vagyis úgy  
tekinthetjük a dolgot, mintha a sugár egy félhul-  
lámhosszal megnyúlt volna. A tükörkísérletnél a  
találkozó sugarak mindegyike ilyen módosulást  
szenvetvén, a középső csíknak világosnak kell  
lennie. Ha ellenben a találkozó sugarak közül

csak az egyik veretett volna vissza a tükör által, a másik pedig közvetlenül a fényforrástól jött volna, akkor a Young hipotézise szerint a középső csíkot létesítő sugarak között félhullámhossznyi útkülönbségnek, tehát a középső csíknak sötétnek kell lennie. Hogy a dolog valóban így áll, azt Fresnel közvetlen kísérlettel megmutatta; ugyanis a fényforrásból kiinduló sugarakat az ugyanazon forrásból kiinduló, de csak egy egyedüli tükör által igen tompa szög alatt visszavert sugarakkal interferáltatta. A középső csík sötét volt s általában a csíkok sorrendje épen az ellenkezője volt a két tükör létesítette csíkok sorrendjének.

A közvetlen interferencia-kísérletek másodika, a biprizma-kísérlet, méltó párja a tükrök-kísérletnek. Itt az ugyanabból a fényforrásból kiinduló sugarak találkozása az által jő létre, hogy azok egy üveglemezen át, mely az egyik oldalán igen tompa szög alatt egymáshoz hajló két lap által határoltatik, megtöretnek. A kísérlet elméleti fejtegetése, nevezetesen az interferáló sugarak

útkülönbségének meghatározása itt komplikáltabb ugyan mint a tükörkísérletnél, de, mivel a készülék kezelése jóval egyszerűbb és kényelmesebb mint a tükröké, a biprizma mindenkor a legbecsesebb eszközök egyike fog maradni.

Fresnel a biprizma-kísérletet abban az értekezésben írta le, mely a diffrakció tárgyalásával az akadémia pályadíját nyerte el. Mivel a tankönyvírók közül azt Pouillet vette föl először, némelek azt a Pouillet találmányának tartották.

Fresnel ugyancsak 1816-ban kezdett foglalkozni azon föltételekkel, melyek alatt a polározott fény interferenciája jó létre, s a melyek őt a transverzális rezgések elvére vezették. Minthogy e tárgyra még visszatérünk, most még csak Fresnel-nek ama művéről fogunk szólni, melylyel a diffrakció elméletét véglegesen megalapította.

E műre az akadémiának megfelelő pályakérdése adott alkalmat. Az akadémia legbefolyásosabb tagjai közül néhányan, köztük Laplace és Biot, az emisszió-elméletet oly szilárdnak képzelték,

hogy a Young és Fresnel találmányaiban nemcsak hogy semmi ellenmondót nem láttak, hanem még szentül meg voltak győződve, hogy az interferencia-tűneményeknek még alaposabb tanulmányozása az emisszió-elméletet újabb diadallal fogja gyarapítani. E diadal biztos reményében a matematikai tudományok 1817-iki nagy díját az akadémiával a diffrakció kérdésének megfejtésére fizették ki. A feladat úgy volt fogalmazva, hogy a kitűzők intenczióit világosan ki lehetett venni; a kérdés különös súlyt fektetett a testek mellett haladó, azaz az inflektált sugarak mozgásának tanulmányozására, mert a diffrakció elméletének ez a pontja "magában foglalja titkát ama fizikai módnak, melylyel a sugarak inflektálnak és különböző irányú és intenzitású nyalábokra osztatnak." Maga a megfejtendő feladat a következő két pontba volt összefoglalva:

"1. A direkt és a visszavert sugarak interferenciájának hatásai, midőn a sugarak külön-külön vagy egyidejűleg határolt vagy korlátlan kiterjedésű egy vagy több testnek szélei mellett elha-

ladnak, szabatos kísérletekkel meghatározandók, még pedig tekintettel a testek között levő közökre és a fényforrás távolságára."

"2. E kísérletekből matematikai indukciók segítségével a testek mellett elhaladó sugarak mozgására kell következtetni."

A pályázat határideje 1818 aug. 1-re, az eredmény kihirdetése pedig az 1819-iki nagygyűlésre volt kitűzve.

Midőn a pályázat kihirdettetett, Fresnel Rennesben az 1816-iki inség következtében felállított menedékháznak főügyeletével volt elfoglalva s e terhes szolgálat tudományos tevékenységét majdnem egy évre megakasztotta. Csak 1817 vége felé kapott szabadságot s ekkor rövid időre Párisba ment, hol állandóan csak 1818 tavaszától kezdve tartózkodhatott. Ugyancsak 1818-ban neveztetett ki az Ourcq-csatorna munkálataihoz.

A pályakérdés szelleme nem igen biztatta Fresnel-t, hogy a pályázatban részt vegyen, s

csak az Ampère és Arago sürgető biztatásaira határozta el magát, s még a kitűzött határidő előtt benyújtotta a *Mémoire sur la diffraction de la lumière* című iratát.

Fresnel az akadémia kitűzte kérdéseket csak második sorban vette figyelembe, főcélja az volt, hogy egyrésről az észleleti tényeket a hullámelmélet segítségével kimagyarázza, másrésről pedig hogy lépésről-lépésre kimutassa, hogy sem a Young-féle eljárás, a legkevésbé pedig az emisszió-elmélet, a tapasztalati eredmények egyikével sem hozható összhangba.

Elmélkedésének alapgondolata a következőkben foglalható össze: ha valamely fénypontból kiinduló hullámnak egy részét átlátszatlan testtel feltartóztatjuk, akkor a rezgések nemcsak ama sugarak irányában terjednek, melyek a sötét testtel nem találkoztak, hanem még a testet érintő sugárkúp belsejébe is hatolnak, csak hogy gyorsan elenyésznek, ha e sugárkúptól való távolságuk a hullámhosszhoz képest jelentékeny;



épen így az árnyék külső szélén, ettől nagyobb távolságban a test által fölfogott hullámelemeknek befolyásuk nincs. Azonban az árnyék közeli szomszédságában a test által feltartóztatott hullámelemek befolyása jelentőssé válik s a föl nem tartóztatott hullámelemből kiinduló rezgések kombinációja miatt a külső csíkok keletkeznek. Ha pedig az árnyék oly keskeny, hogy a különböző oldalain behatoló rezgő mozgásoknak az árnyék egész terjedelmében jelentős intenzitásuk van, akkor e rezgések, mert különböző utakat futottak be, találkoznak s a belső csíkokat hozzák létre.

Fresnel az elméletnek eme tételeit mathematikai alapra fektetvén, azokban az esetekben, melyekben a számítás egyáltalában kivihető, a számítás és az észlelet eredményei között a legszigorúbb összhangot hozta létre.

Fresnel szemei előtt első sorban a diffrakció kérdése lebegett s Huyghens elvét az interferenciák elvével összekapcsolván, feladata követel-

ményeinek teljesen eleget tett. Azonban Fresnel dolgozata még ennél többet is tartalmaz, mert elmékedéseiből vonható következmények a tünetmények egyéb csoportjait is, nevezetesen a fény egyenes vonalú terjedését és a visszaverődés, meg a törés törvényeit egészen szabatosan magyarázzák, de Fresnel megelégedett avval, hogy e következmények jelentőségét a dolgozatához csatolt jegyzetekben röviden jelezze.

E helyett annál nagyobb súlyt fektetett az emisszió-, illetve az inflexió-elmélet megczáfolására. Newton elmélete nem tünteti föl, hogy miért változik a csíkok szélessége a diffrakcziót előidéző testnek a fényforrással való távolságával, mert a test széleitől a fénymolekulákra gyakorolt repulzív erő csakis e molekuláknak a test széleitől való távolságától függhet. Továbbá, ha a diffrakczió tünetményei a testek szélein működő repulzív erőknek vagy az ott megsűrűsödő levegőnek volnának tulajdonítandók, akkor a csíkok helyzetének és intenzitásának szoros összefüggésben kellene lennie az ernyőkül használt

testek fizikai szerkezetével; ha a diffrakció az eme testek széleitől visszavert sugarakból eredne, akkor a szélek símaságának, ha nem is a csíkok helyzetére, de intenzitására minden esetre befolyással kellene lennie. Fresnel azonban megmutatta, hogy a beretvának éle ép oly széles s ép oly fényes csíkokat hoz létre, mint foka. Egy másik kísérletében pedig teljesen megegyező csíkokat kapott, akár rézhengerekkel, akár kormozott üveglapokkal idézte elő azokat.

Az emisszió-elmélet hívei a fény terjedése módjában nézeteik megerősítését látták. Ha a fény hullámokban terjed, akkor a hanggal analognak kell lennie. Már pedig köztudomású, hogy valamely harangnak hangját akkor is halljuk, ha valamely, a hanghullámokat fölfogó test mögé állunk, vagyis optikailag szólva, a hangnak nincs árnyéka, tehát a fénynek, mint hullámmozgásnak szintén nem lehet árnyéka!

Nyilván való, hogy Fresnel-nek diffrakció-elmélete eme régi kedvencz ellenvetésnek czáfo-

latát impliczite magában foglalja. Már a régibb diffrakciós kísérletek megmutatták, hogy a fénynek bizonyos, persze nagyon szűk határig, csakugyan nincs árnyéka, a Fresnel elmélete pedig számot adott arról, hogy miért olyan nagyon szűk ez a határ.

Fresnel dolgozatával a diffrakció problémája meg volt fejtve. A későbbiek munkája, mint a Knochenhauer, Gilbert és Cauchy-é, lényegileg arra szorítkozott, hogy Fresnel számítási módszereit egyszerűbbekké tegye, vagy pedig, mint Schwerd és Fraunhofer kitűnő vizsgálatai, azt tűzték ki célul, hogy a Fresnel-éinél sokkal komplikáltabb tüneményeket (nevezetesen a rostélyok diffrakcióját) tárgyaljanak.

Fresnel alapvető érdemeinek az ellenkező nézetű akademikusoknak is szembe kellett tűnniök. Fresnel dolgozatának megbírálásával öt tag, Laplace, Biot, Poisson, Arago és Gay-Lussac bízott meg. Az első három bíráló az emisszió-elmélet híve, bár a dolgozatban egészen más eredménye-

ket talált, mint a minőket várt, elismerését még sem tagadhatta meg. Egy nevezetes körülmény kiváló befolyással volt a bírálók ítéletére. Ugyanis Poisson észrevette, hogy az intenzitás kiszámítására szolgáló Fresnel-féle integrálok pontosan kifejezhetők abban az esetben, ha egy köralakú test árnyékának középpontjáról és egy köralakú nyílás kúpos vetületéről van szó. Fresnel fölszólíttatott, hogy e számítási eredményeket kísérletileg igazolja s a kísérletek fényesen megfeleltek a várakozásoknak.

Ez a nevezetes körülmény, bár a bírálók egy részének nézeteit még korántsem ingatta meg, azt eredményezte, hogy a jutalom egyhangúlag Fresnel-nek ítéltetett oda.

III. A fény polározódása. - A tranzverzális rezgések elve.

Elérkeztünk ahhoz a ponthoz, melynél a Fresnel szelleme többé nem járt félig-meddig ismert úton, hanem maga tört egészen új utakat.

A hullámelmélet hívei a fényrezgések mechanikai jellegét a hangrezgésekével azonosították. Fresnel is a diffrakció elméletében - legalább alattomban - ugyanezt tette. Azonban a polározódás tanulmányozásánál alkalma nyílt, hogy a hullámelméletben lényeges reformot hajtson végre: Fresnel a rezgések iránya és a hullámok tovaterjedése iránya közötti viszonyt meghatározandó, azt a merész, de azóta sokféleképpen igazolt hipotézist állította föl, hogy a fényrezgések transverzálisak, azaz a rezgések iránya merőleges a fény tovaterjedése irányára.

Ha ez elv felállításánál csak a chronológiai rendet és nem a dolog lényegét vennők figyelembe, az elsőbbség kétségen kívül Hooke-ot illetné meg. Azonban Hooke ezt az elvet semmiféle kísérleti tényre nem alapította, mert nem is alapíthatta; az előtte ismeretes fénytűneményeket a longitudinális rezgések elvével is kimagyarázhatta volna. Ennélfogva könnyen érthető, hogy a Hooke eszméi teljes feledésbe mentek; a hullám-

elmélet hívei nem is gondoltak egyébre mint longitudinális rezgésekre.

Tudjuk, hogy a polározódás tüneményei az emisszióelmélet híveit nem ingatták meg; Malus találmányai őket nézeteikben még inkább megerősítették s a fénymolekulák létezését s azoknak a polározódás tengelye körül való forgását most már kísérletileg bebizonyított tényeknek tekintették. A kísérleti tények folyton növekedő száma e meggyőződést ép oly kevésbé ingatta meg, mint a Fresnel diffrakció-elmélete; minden új tüneménynél az emisszió-elmélet hívei azonnal készen voltak az új segítő hipotézisekkel. Midőn Arago a chromatikus polározódást találta föl, Biot e tünemény tüzetes tanulmányozása után a mozgó polározódás tételét állította, mely tétel belevonásával az emisszió-elmélet nem kevesebb mint hét, s hozzátehetjük, hogy ép oly merész mint önkényes s e mellett majdnem teljesen érthetetlen segítő hipotézissel gyarapodott! Jelenleg szinte érthetetlennek látszik, hogy oly elmélet, mely a nehézségeket egy csapással el-

oszlatta, a hipothéziseknek Biot-féle útvesztőjével szemben csak nehéz küzdelem után vergődhetett diadalra. Fresnel egyedül vívta e küzdelmet, mert a hullámelmélet egyik legbuzgóbb híve s a Fresnel találmányainak legállhatatosabb védője, Arago is elpártolt tőle, midőn a rezgések tranzverzálítását kimondá. Csak Young árult el némi hajlandóságot, mert a Biot elméletét éles kritika alá vetette s bár homályos, de félre nem ismerhető módon adott kifejezést azon nézetének, hogy a kettőstörő kristályok szintüneményei a polárizott fény interferenciájára vezetendők vissza. Különösen jellemző e tekintetben az a megjegyzése, hogy az Arago kísérletében a kvarclemezt bizonyos színnek megfelelő vastagsága és a Newton-féle színgyűrűknél a levegőréteg ugyanazon színnek megfelelő vastagsága között afféle összefüggés van, hogy a rendes és a rendkívüli sugár tovaterjedésének időtartamkülönbsége megegyezik a színgyűrűknél a levegőrétegen egyenest átmenő s a belső, kétszeres visszaverődést szenvedő sugár időtartam-különb-



ségével. Már ha az egyik tűnemény az interferenciák eredménye, miért ne lenne a másik is az?

Látni való, hogy Young-nek még csak az esetet általánosítania s az interferenciák tűneményeit a polározódáséival kellett volna összhangba hoznia s a színes polározódás elvei meg lettek volna állapítva. De ezt a nehézséget már nem tudta leküzdeni s megnyugvást merített abbeli meggyőződéséből, hogy a polározódás tűneményei a hullámelmélet helytelenségét nem bizonyítják.

Fresnel első teendője az volt, hogy kísérletek alapján biztos tudomást szerezzen a polározódásnak az interferenciára gyakorolt befolyásáról. Ide vágó első értekezését 1816 okt. 7-én nyújtotta be az akadémiának. Ez iratában előterjeszti, hogy megkísérlette egy fénysugárnak a mészpát által szétosztott két nyalábját interferáltatni, de mindamellett, hogy a használt kristály csekély vastagságú lévén, a két kép egymáshoz közel esett, tehát széles csíkok képződésére meg volt

adva az alkalom, továbbá, mindamellett hogy gondja volt arra, hogy a rendkívüli sugár ugyanazon idő alatt akkora útát fusson be mint a rendes, a kísérlet nem sikerült.

Fresnel a kísérletet többféleképpen módosította, azonban a rendes és a rendkívüli, vagyis az ellenkező értelemben polározott sugarak interferenciája sehogysem jött létre, miből Fresnel azt következtette, hogy e két sugárnak egymásra semmi, vagy legalább észrevehető befolyása nincs.

Arago fölismerve Fresnel következtetésének fontosságát, azon volt, hogy direkt kísérletekkel mutassa meg, miszerint a közönséges körülmények között mutatkozó interferencia-csíkok megszűnnek, ha az ezeket létesítő sugarak ellenkező értelemben polároztatnak. A két tudós szövetsége a kérdést csakugyan eldöntötte; a legnagyobb gonddal végrehajtott kísérleteiket 1819-ben tették közzé, bár munkájukat már 1816-ban kezdték meg.

Arago oly módszert gondolt ki, melynél a megvizsgálandó polározott sugarak nem is a két-törés által hoztattak létre. Ugyanis az egy pontból kiinduló hullámokat két, fémlapba vágott igen szűk nyíláson vezette át. Az így keletkező két nyalábot csillámlemezekből összerakott egyenlő vastag oszlopokkal polározta. Hogy az oszlopok egyenlő vastagok legyenek, csak egyet készített s ezt ketté vágta. Ezután az oszlopokat a szűk nyílások elé úgy állította, hogy mind a két-törés a beeső sugárhoz képest ugyanaz a hajlása legyen, s e mellett a beesési, tehát a polározódási síkok is párhuzamosak legyenek. Ekkor a két nyaláb épen olyan csíkokat eredményezett, mint a minők akkor keletkeztek volna, ha a fény nem lett volna polározva. De midőn az egyik oszlopot addig forgatta, míg a beesési síkok s ezekkel együtt a polározódás síkjai egymásra merőlegesen állottak (úgy azonban, hogy a forgás közben az oszlop hajlása a beeső sugárhoz képest mindig az maradjon), a csíkok eltűntek.

Fresnel a maga részéről egy kevésbé közvetlen, de annál könnyebben kivihető másik kísérleti módszert gondolt ki, melynek eredményeiből ugyanolyan következtetéseket kellett vonnia mint Arago kísérleteiből.

Mindezekből világosan kitűnt, hogy az ugyanabban a síkban polározott két fénysugár épen úgy interferál, mint a természetes fény, és hogy egymásra merőlegesen polározott két sugár soha sem interferálhat. Fresnel és Arago még bizonyos különös körülményekre vonatkozó interferenciáknak föltételeit meghatározó kísérleteket is tettek, mindazonáltal az imént kifejezett eredmény volt az, mely a Fresnel további eszméire döntő befolyással volt. Fresnel teljesen átértette, hogy a tisztán longitudinális rezgésekkel lehetetlen megmagyarázni, hogy a polározott sugarak interferenciájára miért nem elegendők az útkülönbségre vonatkozó közösleges föltételek, sőt a polározódásnak alaptüneményeit sem lehet megérteni, mert, a mint már Newton is (ki szintén csak longitudinális rezgésekre gondolt) megjegyezte, in-

dokolatlan az a föltevés, hogy a sugárral párhuzamos rezgések a sugáron átvett különböző síkokban magukat különbözőképpen viseljék. A hullámmélel ellenfeleinek Newton óla ez volt a leghatalmasabb érvük s Fresnel is átlálta, hogy félre kell vetni a longitudinális rezgéseket, mert különben a polározott sugarak interferenciájával szemben az egész hullámmélel örökös tehetetlenségre volna kárhoztatva.

Fresnel, támaszkodva arra a tapasztalati elvre, hogy egymásra merőlegesen polározott sugarak nem interferálhatnak, már a polározott sugarak interferenciájára vonatkozó első értekezésében főlemlítette a transverzális rezgések elvét. Eleinlén a polározott fényt úgy képzelte, hogy az transverzális rezgésekből áll ugyan, de a hullámfölületen egyúttal sűrűsödések és ritkulások váltakoznak. Később az Ampère-rel váltott eszmecsere folytán arra a gondolatra jött, hogy egyidejűleg két rezgő mozgás terjed tova, egy longitudinális és egy transverzális; a két mozgásnak egyenlő intenzitása van. Fresnel azon volt, hogy

a hipotézist a különféle tüneményekre alkalmazza, azonban Fresnel kortársai, különösen Laplace és Arago, a transverzális rezgések elvét mechanikai abszurdumnak tekintették s ez a körülmény Fresnel törekvéseire buzdító hatással épen nem lehetett. Arago nyíltan bevallotta, hogy attól a pillanattól fogva, melyben Fresnel transverzális rezgésekről kezdett beszélni, annak eszméivel többé nem tudott megbarátkozni. Fresnel egyidőre csakugyan felhagyott mindenféle magyarázattal, mely a transverzális rezgések elvére volt alapítva.

Young, ki a megkívántató kísérleti tények hiányában az interferenciák elvét a polározódás tüneményeivel nem tudta összhangba hozni, a mint Fresnel és Arago kísérleti eredményeiről értesült, a rezgések szerkezetére vonatkozó elmélkedéseinek fonalát újra fölvette. Young eszméi a Fresnel-éivel annyiban megegyeznek, hogy a longitudinális rezgések mellé ő is még transverzálisakat vett föl, de ámbátor tudta, hogy egymásra merőlegesen polározott sugarak nem interferálhatnak,

a transverzális rezgéseket csak igen gyengéknek, s nem is tényleg meglevőknek, hanem csak a tü-nemények jelképies magyarázatára alkalmas se-gítő eszközöknek képzelte!

Young eszméit az Encyclopedia Britannica supplementumában (a Chromatics című cikk-ben) s az 1817 jan. 12. Arago-hoz intézett levelé-ben fejezte ki. Úgy látszik, hogy Fresnel Young eme két iratát nem ismerte, bár maga említette, hogy Young-nek Arago-hoz intézett egyik (1818 ápr. 29-ről keltezett) leveléből tudomása volt, hogy Young a polározott fény rezgéseit egy kife-szített húrérihoz hasonlította, minélfogva lehetsé-ges, hogy Fresnel e hasonlatból vagy talán Yo-ung többi eszméjéből is táplálékot merített; de nem kell figyelmünkön kívül hagynunk, hogy Young a transverzális rezgésekről csak némileg is konkrét fogalmakat csak akkor alkotott, midőn már tudomása volt

Fresnel döntő kísérletéről, mely szerint a függélyesen polározott sugarak nem interferálhatnak.

Bármiként ítéljük is Young eszméinek netalán lehető befolyásáról, a legfontosabb az marad, hogy Fresnel, miután a transverzális rezgések elvének termékenységét a színes polározódás és a kettőstörés tünetényeinek magyarázatában fölismerete, 1821-ben ezt az elvet szabatosan és egész határozottan előterjesztette, s kevéssel ezután a kettőstörés elméletét tárgyaló emlékiratában az analízis útján bebizonyította, még pedig a következőképen: kiszámította az egymásra függélyesen polározott két sugár kombinációjából eredő intenzitást, s támaszkodva arra a kísérleti tényre, hogy ilyen két sugár sohasem interferálhat, az intenzitás kiszámított értékét állandónak tekintette. Ez állandóságnak analitikai föltételeiből pedig azonnal következik, hogy a kombinált rezgések szükségképen egyenes vonalúak, a sugárra függélyesek s a polározódás síkjával vagy párhuzamosak, vagy pedig erre függélyesek. E szerint



még csak az utóbbi két lehetőség volna eldöntendő. Azonban e kérdés a polározódás kísérleti törvényeivel nem fejthető meg, mert a polározott sugaraknak a polározódás síkjához vagy erre merőleges síkhoz képest részarányos tulajdonságaik vannak. De e kérdés eldöntésének a transverzalizálás elvére már semmi befolyása nem lévén, a Fresnel levezette eredmények után a transverzális rezgések létezését oly ténynek kell tekintennünk, melyet mindaddig, míg a fényt egyáltalában rezgő mozgásnak tekintjük, tagadni nem lehet.

A transverzális rezgések elismerése elé gördült akadályok között e rezgések tovaterjedése módjának elképzelése egyike volt a legsúlyosabbaknak. A síkfölületen terjedő transverzális víz hullámoknak s még kevésbé a csak egy irányban terjedő transverzális húr-rezgéseknek analógiája keveset segít azon a felfogáson, mely szerint a fényrezgéseknek gömbön vagy más görbe fölületen terjedniök kell. Nagyon egyszerű s természetesen jogosult ugyan az az értelmezés,

hogy valamint a rugalmas közeg egyik pontjában előidézett sűrűségváltozások oly erőket szülnek, melyek az eredeti állapotot helyreállítani igyekeznek, úgy a molekulák egyes rétegeinek sűrűségváltozás nélkül való félrecsuszamodása is oly erőket hoz létre, melyek az eredeti állapotot helyreállítani s új csuszamodásokat létrehozni törekkeznek: ez a felfogás, valamennyi dimenzióra kiterjesztve, még sem ad oly tiszta képet a hullámok mechanizmusáról mint a longitudinális rezgések elve, melynél a rezgéseket létesítő erők iránya összeesik az előidézett hatás tovaterjedése irányával. Poisson elméleti vizsgálatai valóban kiderítették, hogy az izotrop közeg molekuláinak egy csoportjában előidézett megrendítések a rezgések kétféle rendszerét idézi elő; az egyik, a longitudinális rendszer, a tovaterjedési iránynyal összeesik; a másik pedig az irányra függélyes, s e két rendszernek különböző sebessége van. Ez által a transversális rezgések mechanizmusa analitikai bizonyítékra tett szert, de, a mint előre várni lehetett, a longitudinális rezgésektől függetlenné

nem tétetett. Még csak az maradt hátra, hogy elméletileg kellőképpen indokoltassék, hogy az egyidejűleg föllépő longitudinális rezgéseknek miért nincs jelentős hatásuk. Fresnel e körülmény okát az éter összenyomhatatlanságában vagy legalább is abban kereste, hogy az éter összeszorításának ellenálló erő túlnyomólag nagy az oldalagos kitérésnek ellenálló erőkhöz képest. Később más fizikusok, kik az éter összenyomhatatlanságát rugalmasságával s folyós természetével összeegyeztetni nem igen tudták, fiziológiai okokban kerestek kivezető utat, a mennyiben azt tételezték föl, hogy az ideghártya csak a transverzális rezgések fölvételére szolgáló szervekkel van el látva. E föltevésnél nagyobb értéke van Cauchy, Eisenlohr stb. objektív vizsgálatainak, melyek szerint a longitudinális rezgések föllépnek ugyan, de erélyük a távolsággal oly gyorsan fogyatkozik, hogy a fényforrástól igen csekély távolságokban sem képesek jelentős hatást előidézni.

Az imént jelzett nehézségek elenyésznek azon előnyökhöz képest, melyeket a transverzális rez-

gések elve tényleg nyújt. Itt csak azt akarjuk még megjegyezni, hogy ez elvvel a hullám-elmélet új hipotézissel nem terheltetett, mert hiszen ez az elv csak egy kiszorított másik elv helyébe lépett. A természetes fény tulajdonságairól is könnyen számot adhatunk, ha azt úgy képzeljük, hogy számtalan síkban polározott rezgéseknek gyors egymásra következéséből áll, minélfogva a polározódás nem is a különböző rezgések összetételében, hanem inkább szétválasztásukban áll. Az egymásra merőlegesen s egyenes vonalban polározott sugarak kombinációján alapuló elméletek s a kettős törés elmélete - mely tárgyakról a következőkben fogunk szólni - már magukban véve nyújtanak annyi biztosítékot Fresnel elvének elméleti realitása iránt, semhogy ahhoz a jelenleg gyakran használt, de csak utolsó esetben használandó tételhez kellene folyamodnunk, mely szerint valamely hipotézis mindaddig jó, míg a tapasztalati tények egyikével sem jó ellentmondásba.

#### IV. A körös polározódás.

A transverzális rezgések elvének elméleti értéke a legvilágosabban kitűnt ez elv geniális szerzőjének azon vizsgálataiból, melyek ez elv fejlesztését célzó törekvéseivel karöltve jártak.

Fresnel a fénysugarat, mely kettős töréssel már polározva volt, átlátszó tükör vagy víz fölületével visszaverette, s a visszavert sugarat mézspátkristálylyal megvizsgálta. Ekkor azt tapasztalta, hogy az most is úgy van polározva mint a visszaverődés előtt, de a polározódás eredeti síkja megváltozott, kivéve azt az esetet, midőn a polározódás eredeti síkja a visszaverődés síkjával párhuzamos vagy erre merőleges volt, mert ekkor a visszavert sugaraknak csakis intenzitása változott.

Ez utóbbi körülmény alapján - tekintettel a Malus törvényére - föltehető volt, hogy bizonyos síkban polározott sugár egymásra merőleges két síkban polározott s egyenlő fázissal bíró sugarak eredőjeként tekinthető. Evvel közvetetlenül meg volt magyarázva, hogy miért követi a polározott

sugár szétoszlása (egy rendes s egy rendkívüli sugárra) a Malus törvényét.

Fresnel e kísérletben fölismervén azt a változathoz, melyet a visszaverődés a polározódás tüneteiben előidézhethet, a polározott fény teljes visszaverődését s a fémek felületéről való visszaverődését kezdte tanulmányozni. Az első nevezetes eredmény az volt, hogy a polározott fény teljes visszaverődéssel a beesési szög nagyságához képest többé-kevésbé polározatlan lesz, azaz a mészpáttal különböző és változó intenzitású két nyalábra osztható a nélkül, hogy e nyalábok egyike vagy másika a kristály bizonyos állásánál elenyészne. Úgy látszott tehát, mintha e fény természetes fény volna, mely csak olyan részletes-forma polározódást szenvedett, a minő az, mikor a természetes fény a visszaverődés által a polározódás szögétől eltérő szög alatt részletesen polároztatik. De ez a polározatlanított fény mégsem tartalmazott semmi természetes fényt, mert ugyanazon beesési szög alatt, de merőleges síkban létesített második teljes visszave-

rődéssel ismét polározott fénynyé vált. Fresnel továbbá megmutatta, hogy az üveg előidézte visszaverődésnél legalább is két, de rendszerint három teljes visszaverődés idézhet elő teljes polározatlanítást, azaz olyant, melynél a polározatlanított sugár a mészpáttal minden körülmény között egyenlő intenzitású két nyalábra osztatik; azonban az ilyen teljesen polározatlan fényben nyoma sincs a természetes fénynek, mert ugyanannyi számú teljes visszaverődéssel ismét teljesen polározható s különben is két kiegészítő színű nyalábra oszlik, ha először valamely kettőstörő kristálylemezen s ezután a mészpáton vezettetik át.

E színeket, melyek a színes polározódás közönséges színtüneményeitől elütnek, Fresnel egy új tétel segítségével magyarázta; ugyanis azt a tétele állította föl, hogy a polározatlanított fény két polározott nyaláb kombinációjából ered, mely nyalábok egyike a beesés síkjában, a másik pedig, az erre merőleges síkban van polározva s az egyiknek rezgései a másikéihoz képest egy-

negyed hullámhosszal el vannak késve. Ez összetételből a mechanika törvényei szerint mármost az következik, hogy az éterrészecskék körmozgásnak, azaz körös rezgéseknek vannak alávetve, minélfogva a polározatlan fény helyesebben körben polározott fénynek nevezendő. Ezek után könnyű belátni, hogy a teljesen polározatlanított fény mészpáton átvezetve miért oszlik két egyenlő intenzitású nyalábra, bármi légyen is a főmetszet helyzete. Ugyanis a mészpát a fényt egymásra függélyes két sík szerint bontja föl, s bármilyen légyen is máskülönben e két sík helyzete, ha egyenlő intenzitású s egymásra függélyesen polározott két sugár egyszerre megy át a mészpáton, mindig egyenlő intenzitású két komponenst kell előidéznie. Mivel továbbá a körös rezgést egynegyed hullámhossznyi útkülönbség idézi elő, nyilván való az is, hogy ha azt az eljárást, mely az egyenes vonalú rezgéseket körös rezgésekké változtatta át, még egyszer ismételjük, az útkülönbség a hullámhossz két-negyede, tehát a rezgések összetételének törvénye szerint



az eredmény ismét egyenes vonalú, de az eredeti-re merőleges rezgés leend.

Malus eleintén azt hitte, hogy a fémek előidéz-  
te visszaverődés polározódást sohasem eredmé-  
nyez. Később észrevette, hogy eme visszaverő-  
désnél is van bizonyos beesési szög, melynél a  
visszavert sugarak részletesen polároztatnak, de  
nem bírta a teljesen polározott s ezután fémmel  
visszavert sugarat egy második fémes visszave-  
rődéssel előtűntetni. Fresnel megmutatta, hogy a  
fémes visszaverődés a polározott fényt részlete-  
sen polározatlanítja, hacsak a polározódás síkja a  
beesés síkjával nem párhuzamos vagy erre nem  
merőleges; továbbá megmutatta, hogy a fény  
olyan mint a teljes visszaverődés módosította  
fény. A fémes reflexiót tüzetesebben Brewster és  
Neumann tanulmányozták.

A kísérletek módosításával Fresnel oly ered-  
ményekre jött, melyek, épen úgy mint az eddigi-  
ek, a transverzális rezgések elméletének fejlesz-  
téséhez új tényeket szolgáltatnak. Ez eredmények

legnevezetesebbike az a találmány volt, hogy a polározatlanított fénynek két faja van, melyek különféle színeket eredményeznek, ha azokat kristálylemezen s ezután mészpáton átvezetjük; továbbá ha e két polározatlanított (körben polározott) fényt kombináljuk, polározott (egyenes vonalban polározott) fény ered, s e fény polározódása síkjának helyzete az alkotó sugarak útkülönbségétől függ. E szerint bizonyos számú kettőtörések és teljes visszaverődések által valamely polározott sugár átalakítható egy másik polározott sugárrá, melynek polározódási síkja az eredeti sugár síkjával tetszésszerű szöget képezhet, tehát mintegy a kvarcnak s némely folyadéknak forgató képességét utánozhatjuk. Ez által a forgató képesség is a transverzális rezgések mechanikájára vezettetett vissza, mert ha valamely rezgő molekula a kört két ellenkező irányban futhatja be, akkor a rezgések összetételének törvényei szerint a két körrezgés kombinációja egyenes vonalú rezgést ad, mely rezgés

iránya ama sebességektől függ, melyekkel a két körrezgés az illető közegben végbemegy.

Fresnel mindezeknél a kiváló vizsgálatoknál nem annyira a transverzális rezgések elméletileg szigorú kifejtését, mint inkább az elméleti fejtegetésekhez megkívántató kísérleti alap megszerzését tartotta szem előtt. Innét van, hogy e csoportba tartozó művei kísérleti jelleműek valának. Egészen máskép áll a dolog Fresnel műveinek harmadik csoportjával, melyben a kettőstörés elméletét tárgyalja; itt a kísérleti elem háttérbe szorult s a transverzális rezgések elve a vizsgálatok kiinduló pontjává lőn.

## V. A fény kettőstörése.

A kettőstörés elmélete, mely az optika legáltalánosabb törvényét volt kifejtendő, volt az a feladat, melyen a Fresnel szelleme legfényesebb diadalát aratta.

Az erre a tárgyra vonatkozó történelmi előzmények sokkal kisebb körre szorúlnak ugyan, mint Fresnel egyéb optikai műveiben, azonban a

tárgynak az elméleti fizika egyéb ágaira is kiható jelentősége arra kényszerít, hogy ezeket az előzményeket is áttekintsük.

Huyghens a kettőstörés tünetényeit a mészpáton kívül még a kristályos kvarczban ismerte. Úgy látszik, hogy e tünetények alapos és tágas körű fölismerése a hullámelmélet további sorsához volt kötve, mert ez elmélet újjászületéseig e tünetények egészen parlagon heverték. Wollaston és Malus vizsgálatai mindössze is csak a Huyghens-féle szerkesztést igazolták. De midőn a Malus találmányai a figyelmet a polározódásra vonták, a kettőstörés is csakhamar magára vonta a bűvárok méltó figyelmét. Malus a kettőstörést két új anyagon, a bariumszulfidon és az arragoniton ismerte föl s megközelítőleg megmérte. A színes polározódás feltalálása a kettőstörés fölismerésére igen kényelmes módszer lévén, a kettőtörő kristályok száma gyorsan szaporodott. Ugyancsak a színes polározódás tüntette föl, hogy bizonyos kristályoknál a kettőstörés tünetényei nem csupán egy, hanem két tengely körül

is részarányosak lehetnek. Ennélfogva Biot a kettőtörő anyagokat két csoportba, az egy- és a két-tengelyű anyagok csoportjába osztotta; mindegyik csoportban ismét két alosztály volt a szerint, a mint az egy vagy két tengely a rendes sugárra attraktív vagy repulzív hatást gyakorolt.

A kettőtörés tünetényeinek általánosodásával az elméleti nehézségek ugyanabban az arányban szaporodtak. Az addigi elméleti ismeretek csupán az egytengelyű közegekre vonatkoztak; Huyghens a mészpátban két hullámfölületet, egy gömbös s egy ellipszises fölületet vett föl, de a hullámok keletkezésének, valamint a közöttük fönnálló s kísérletekkel igazolt összefüggésnek okát föl nem derítette. A kettőtörés elméletének levezetését célzó első kísérlet a Laplace-é volt. Laplace elmélete a legkisebb működés elvéből indult ki, mely elv a vonzó és taszító erőknek alávetett pont mozgására mindig sikerrel alkalmazható. Laplace föltette, hogy a fénymolekulákra gyakorolt hatás függ a fénysugarak irányától, azaz a molekulák tengelye és az optikai ten-

gely képezte szög<sup>2</sup>től s arra az eredményre jutott, hogy a rendes sugár molekuláira gyakorolt hatás állandó, holott a rendkívülinek molekuláira gyakorolt hatás az előbbenitől egy, az optikai tengely és sugár képezte szög cosinusának négyzetével arányos értékkel különbözik. Young volt az első, ki a kettőstörés tűneményeiről a hullámelmélet segítségével akart számot adni. Young a Laplace elméletéről azt jegyezte meg, hogy ha a kettőstörés törvényeit vonzó és taszító erőkkel akarnók levezetni, akkor ugyanavval a joggal a levegőben terjedő s a víz által megtörött hangról is el lehetne mondani, hogy ez a levegő által taszítatik, a víz által pedig vonzatik, s ez oknál fogva észszerűbbnek tartotta, hogy a kettőstörést a hullámelmélet segítségével magyarázza. "Laplace nagyon helyesen jegyzi meg, mondja Young, hogy a természet a kettőstörés tűneményeiben, épen úgy mint az asztronómia tűneményeiben, a köralak után az ellipsziszalakot választotta, csakhogy az asztronómiában tudjuk, hogy miért választotta a természet ezeket az alakokat,... de a

kettőstörés elméletében nincs okunk az e fajta egyszerűsítések föl vételére. Azonban Huyghens elvei a nehézséget elhárítanak, ha föltennők azt, a mi a lehető föltételek legegyszerűbbike: hogy a hullámokat tovaterjesztő közeg meghatározott irányban inkább összenyomható, mint az erre merőleges irányokban, mintha csak kevésbé rugalmas anyaggal összekötött s egymással párhuzamos igen nagy számú lemezekből volna összetéve. A kristály atómjainak illetén elrendezését elképzelhetjük, ha a kristályt fa- vagy csillámdarabbal hasonlítjuk össze. Chladni azt találta, hogy skótfenyűből faragott rúd rostjainak ferdesége a hang sebességét az 5:4 viszonyban csökkentette. Nyilván való tehát, hogy a fadarab a rezgéseket ovális hullámokban terjesztené tova, azonban kimutatható, hogy e hullámok valóban ellipszisek, ha a test sík és párhuzamos rétegekből és kevésbé rugalmas anyaggal összekötött s egymástól egyenlő távolságokban álló rostokból van alkotva, s e mellett fölteszszük, hogy a rostok rendkívül vékonyak...

Young ezután matematikailag is kifejtette, hogy az ilyen szerkezetű közegben gömbhullámok nem terjedhetnek, s hogy az oly közegben, mely egy tengely körül részarányos szerkezetű, a hullámfölület csakis forgás-fölület, még pedig, ha a sebesség-különbségek nem nagyok, csakis forgás-ellipszoid lehet.

Látni való, hogy a Young a helyes utat nagyon megközelítette, azonban a kérdés legkényesebb részét, hogy a rugalmasság különfélesége miért idézi elő a sugarak szétválasztását, nem is érintette.

Fresnel a nehéz kérdés megfejtését szintén csak általános észrevételekkel kezdte meg. Eszméinek magvát már a *Considérations mécaniques sur la polarisation de la lumière* című értekezésben terjesztette elő. Fresnel fölismerete, hogy a kérdés megfejtése a longitudinális rezgésekkel végre nem hajtható; nézetei a következőkben foglalhatók össze: a kristályra eső fénysugár rezgései rugalmas visszahatásokat szülnek, a me-



lyek a sugár tovaterjedését idézik elő. E visszahatások nemcsak a sugár transverzális rezgéseitől, hanem a rezgések síkjának helyzetétől is függnnek. Ha a visszahatás a rezgések síkjába esik, ez a sík változatlan fekvésű marad s a fény-sugár eredeti polározódását megtartva s a kísérellettel megállapított sebességgel fog tovaterjedni. Azonban könnyű belátni, hogy a rugalmas visszahatás általában nem fog eleget tenni e föltételnek. A kristályoknak az optikai tengely körüli szimétriája azt látszik mutatni, hogy a rezgések vagy a főmetszetben vagy erre függélyesen mennek végbe. Minden más rezgés úgy tekinthető mint a főmetszettel párhuzamos s erre függélyes rezgések eredője, tehát ilyen rezgésekre szét is bontható, és ha ezek az elemi rezgések külön-külön sebességgel terjednek, a különbözőleg törrött két sugár keletkezése meg van magyarázva.

Fresnel, hogy a rendes sugár keletkezését az egytengelyes kristályokban megmagyarázza, elfogadható okokkal támogatja azt a föltevést, hogy a tengelyre függélyes rezgések minden

irányban egyenlő sebességgel terjednek. Ily körülmények között, (föltéve, hogy a rezgések függélyesek a polározódás síkjára) a kristály főmetszetében polározott beeső fény mindig ugyanavval a sebességgel terjedő rezgéseket hoz létre, ellenben a főmetszetre függélyesen polározott fény, vagyis a rendkívüli sugár, változó sebességgel terjed; de épen, mivel a rezgések transverzálisak, a főtengely irányához közeledő sugarak rezgései arra törekszenek, hogy a tengelyre függélyesekké váljanak, s ha végre a sugarak iránya a tengelyével összeesik, a rendkívüli sugarak rendesekké válnak.

Azonban mindez csak az egytengelyes közegekre vonatkozik. Igaz ugyan, hogy Fresnel kortársai a kéttengelyes kristályokban is fölvettek rendes sugarakat, tehát föltették, hogy azokban is van bizonyos irány, mely körül a kristály szerkezete részarányos, ha tehát Fresnel kevésbbé körültekintő, azt hihette volna, hogy a kettőstörés általános elveit már feltalálta: azonban a kéttengelyes kristályok külső alakjai, fizikai tulajdon-

ságai, főképen pedig a színes polározódás tünetei arra indították Fresnel-t, hogy a rendes sugár létezését a kéttengelyes kristályokban tagadja. A Fresnel fölhozta okok kevés elismerésre találtak, de midőn egymásra tett két topázprizmával kísérletileg is kimutatta, hogy rendes sugár nem keletkezik, többé nem lehetett kételkedni, hogy a kéttengelyes kristályok kettőstörése egészen más törvényeknek hódol, mint az egytengelyeseké.

A rendes sugár hiányának bebizonyítása a feladat megfejtése elé nehéz akadályokat gördített ugyan, de egyszersmind rámutatott az útra, melyen a megfejtés lehetővé vált. Világossá lett, hogy a kéttengelyes kettőstörés törvényei nem vezethetők le az egytengelyes törvényeiből (miként ezt Young megkísértette), mert az egytengelyes törés oly elemet foglal magában, mely a kéttengelyesből teljesen hiányzik; nem lehetett többé kétség abban, hogy a kéttengelyes törés önálló alapelvekből kiinduló elméletet kíván meg, mely elméletnek bizonyos specziális esetekben az egy-

tengelyes törésnek törvényeit magában kell foglalnia; tehát olyan hullámfölületet kellett keresni, mely egymásra függélyes három tengely körül részarányos s mely fölület két tengely egyenlőségének esetében a Huyghens-féle rendszert, a gömböt s a forgás-ellipszoidot foglalja magában. Ez a körülmény arra utalt, hogy a keresendő fölület legalább is negyedfokú, mert a mondtuk specziális esetben egyenletének a gömb s a forgás-ellipszoid egyenletére kell hogy szétszakadjon; de mivel a kéttengelyes törésnél egyik sugárnak sincs valami specziális jelleme (mint például a rendes sugárnak az egytengelyes törésnél), azt is előre lehetett várni, hogy a keresendő fölület csak egy egyenlet, azaz nem két tényezőre bontható egyenlettel leend képviselve. Miután valamely közeg optikai tulajdonságai a legszorosabb összefüggésben vannak a hullámfölülettel, ennek meghatározása volt a kéttörés elméletének főfeladata; e fölület ismerete által a törés törvényeinek is birtokában vagyunk.

Most ismerjük azt a nagy feladatot, melyet Fresnel magának kitűzött s fényes sikerrel megoldott. Nem marad egyéb hátra, mint hogy előtűntessük e nagy munka módszerét, a minél persze csak az elvies momentumokra fogunk szorítkozni, mert Fresnel módszerének beható ismertetése munkájának reprodukciója nélkül aligha volna keresztül vihető.

Fresnel a hullámfölület meghatározásában az induktív utat követte, s csak, miután az így kapott eredményeket kísérletileg igazolta, csak ekkor fogott a kettőstörésnek tulajdonképeni mechanikai elméletéhez. Munkájának ez a menete világosan kitűnik azon irataiból, melyeket a végleges eredményről számot adó munkája közzététele előtt állított össze.

A hullámfölület föltalálását, e lehetetlennek látszó feladatot, Fresnel az által tette lehetővé, sőt bizonyos tekintetben egyszerűvé, hogy nem magát a hullámfölületet, hanem ennek érintő síkjait vette figyelembe, tehát nem az egy közép-

pontból kiinduló sugaraknak, hanem a sík hullámoknak terjedését tanulmányozta.

A hullámok terjedésének elve segítségével geometriai úton kimutatható, hogy a hullámfölület nem egyéb, mint burkolója mindazoknak a különböző irányú síkhullámoknak, melyek egy bizonyos időpontban ugyanabból a középpontból indultak ki s egyenlő idő alatt terjedtek tova. Evvel a hullámfölület meghatározása vissza van vezetve a síkhullámok sebességének fölkeresésére; ha e sebességeknek, illetve a közöttük fönnálló viszonynak geometriai törvénye már föl van találva, akkor a feladat tisztán algebraivá válik s csak annyiban okozhat nehézséget, a mennyiben a burkoló fölület meghatározása járhat nehézséggel.

Fresnel a sebességek közötti viszonyt a rugalmassági ellipszoid segítségével kereste föl. Ugyanis föltette, hogy a kéttengelyes közegekben az éter rugalmassága sem nem minden irányban ugyanaz, mint a homogén közegeknél, sem

pedig egy tengely körül sem részarányos, mint az egytengelyes kristályoknál. Az utóbbiaknak optikai tulajdonságaira alapított általánosítások útján Fresnel arra az eredményre jött, hogy a kéttengelyes kristályokban a rugalmasság változásai előtűntethetők egy háromtengelyes ellipszoid-dal; a közeg tehát nem egy, hanem egymásra merőleges három tengely körül részarányos. A sebességek viszonyát már most a következő szabálylyal határozta meg: az ellipszoid középpontján átvetett sík az ellipszoidot mindig ellipszisben metszi; ha ezen ellipszis középpontján a metszet síkjára merőlegest emelünk s e merőlegesre a metszet nagy- és kistengelyének hosszúságát felrakjuk, akkor e hosszúságok a merőlegesnek irányában terjedő két sugár sebességeit képviselik. E tétellel a síkhullámok helyzete meg van határozva s csak burkoló fölületük keresendő.

A feladat eme részében fölmerülő nehézségeket Fresnel csak részben küzdötte le; a síkhullámok sebességeinek geometriai törvényét felállította ugyan, de a hullámfölület egyenletét csak az

által kapta, hogy azt a priori negyedfokúnak tétellezte föl, s a benne előforduló állandókat oly módon számította ki, hogy azok eleget tegyenek bizonyos föltételeknek, melyeket az egymásra merőleges három szimmétria-tengelyre merőleges síkhullámok tulajdonságaiból vezetett le. Teljes szigorúsággal Ampère hajtotta először végre a számítást; Ampère eljárását Senarmont egyszerűsítette.

A hullámfölület s evvel a kettőstörés általános törvénye is föl lévén találva, Fresnel mindennek előtt azon volt, hogy a kapott eredményt kísérleti úton igazolja. A topázprizmákkal végrehajtott kísérletek eredményei, valamint a Biot levezette szabályok a Fresnel törvényében magyarázatukat lelték, s az új kísérletek eredményei is a törvénnyel a legszebb összhangzásban voltak; az optikai tengelyek tulajdonságai s a tűnemények természetére levő befolyásaik a legtisztább színben tűntek elő.



Miután a tapasztalati tények minden tekintetben megegyeztek a törvénnyel, Fresnel teljesen meg volt győződve arról, hogy valóban helyes törvénynek jutott birtokába. A feladat indukciós úton meg lévén fejtve, nem maradt egyéb hátra, mint hogy munkáját betetőzze, azaz a törvény mechanikai elméletét levezesse.

E munkáját többé-kevésbbé valószínű négy hipotézisre alapította, melyek azonban a szigorú kritikát nem igen állják ki. Először is kérdéses marad, vajjon a longitudinális rezgések hiánya az éter összenyomhatatlansága mellett bizonyít-e, miként ezt Fresnel hipotézisei föltételezik; továbbá ha az éter-molekulák közötti tér oly nagy-nak vesszük, hogy e térhez képest a molekulák matematikai pontoknak tekinthetők, akkor nincs indokolva, hogy a molekulák kölcsönhatásai miatt föllépő erőknek csak a hullám síkjával párhuzamos alkotóját képzeljük hatályosnak (harmadik hipotézis); mert a kölcsönhatás a térben bármelyik irányra kiterjedhet. A mi pedig azt a föltevést illeti, hogy a síkhullám rezgéseivel föléb-

resztett rugalmasság arányos az egyes molekula rezgéseivel fölébresztettel (második hipothézis), erre nézve Cauchy kimutatta, hogy ez minden tekintetben téves, tehát nem bizonyos, hogy a rezgések merőlegesek a polározódás síkjára (első hipoth.); a kettőstörés tünetényei pedig nem döntik el, vajjon a rezgések a polározódás síkjára merőlegesek-e vagy evvel párhuzamosak-e. Fresnel a nagy feladat mechanikai részét nem fejtette meg úgy, a hogy ő maga is akarta, mert célját, hogy a kettőstörés elméletét a priori vezesse le, nem érte el. A fődolog azonban az, hogy a kettőstörésnek Fresnel megállapította törvényei meg nem ingathatók, mert nemcsak hogy a kísérleti eredményekkel valának teljes összhangban, hanem még új tünetényeknek elméleti úton való fölfedezését tették lehetővé. A Hamilton által feltalált s a Lloyd által kísérletileg utólagosan igazolt kúpos refrakció csupán a Fresnel-féle hullámfölület tüzetesebb megvizsgálásának eredménye volt; e találmány nem kevesebb hatályossággal erősítette meg a kettőstörés elméletét,

mint a Neptun fölfedezése a gravitációét. Ha Fresnel a fényes eredményt megérheti, e fölött érzett öröme fáradtságának bizonyára legszebb jutalma lett volna.

A kettőstörés elméletének problémája Fresnel munkáival meg volt fejtve s csak az a teendő maradt hátra, hogy Fresnel elméletében még előforduló nehézségek lehetőleg eltávolíttassanak. E feladattal első rangú fizikusok és matematikusok foglalkoztak. Cauchy (1829) a kettőstörés elméletét minden hipotézis nélkül fejtette ki s csak azt a nyilvánvaló alapelvet vette föl, hogy valamely rugalmas közegben csak azok a síkhullámok terjedhetnek akadály nélkül, melyeknek rezgései a molekulák elmozdulásával párhuzamos erőket szülnek. Cauchy elméletéből nemcsak az tűnt ki, hogy a Fresnel-féle hipotézisek nem szabatosak, hanem még az is, hogy fölöslegesek, mert ha Cauchy elméletéből Fresnel törvényeit le akarjuk vezetni, oly föltételeket kell föllállítanunk, melyeket sem ez az elmélet, sem pedig a fizikai tények meg nem kívánnak. Azt

persze nem kell felednünk, hogy midőn Cauchy foglalkozott a kettőstörés elméletével, a tulajdonképpen feltalálándó dolgot már Fresnel feltalálta volt.

Az elméleti vizsgálatoknak Fresnel munkájával megkezdett sorozata nem sokára kilépett a szűkebb értelemben vett optika köréből; Cauchy munkái óta a kettőstörés elmélete a rugalmasság elmélete legfontosabb ágainak egyikévé lett: Green, Lamée, Beer és Plücker vizsgálatai, melyek után még számos hasonnemű dolgozat következett, Fresnel teremtmő szellemének mind-megannyi hirdetői.

Fresnel művének még csak külső sikeréről akarunk megemlékezni. Fresnel a kettőstörést tárgyaló emlékiratát 1821 november havában terjeszté az akadémia elé. A mű (melyhez két toldalék és egy kiegészítő jegyzet volt csatolva) megbírálás végett kiadatott egy bizottságnak, melynek tagjai Ampère, Arago, Fourier és Poisson valának; a jelentést Arago terjeszté be az 1822 aug.

19-iki ülésen. Arago, valószínűleg azért, hogy fölösleges vitáknak elejét vegye, a mű elméleti részéről keveset szólott, de annál inkább kiemelte kísérleti részét s különös súlyt fektetett arra az állandó összhangra, mely az észlelet s Fresnel általános törvénye között fönnáll. Az akadémia egyhangú helyesléssel fogadta a jelentést, melynek fölolvassása után Laplace nyilvánosan üdvözölte a nagy munka szerzőjét, ki feltalálta azt a törvényt, melyet a legjelesebb fizikusok hasztalanul kerestek, s nyíltan kijelentette, hogy e vizsgálatokat többre becsüli mindannál, a mi már jó idő óta az akadémia elé terjesztetett.

Az emisszió-elmélet hívei Fresnel művével szemben keveset végezhettek. Fresnel-nek figyelemreméltó vitája csak Poisson-nal volt, de ez a vita az eszmék tisztázására nézve befolyás nélkül maradt, mert az az alaphibája volt, hogy a vitakozók egymást vagy nem értették, vagy félreértették. A Poisson használta folyadék elnevezés, valamint a fényszálak (filet de lumière) folytonos kétértelműsége adtak alkalmat. "A kísérletek te-

rén kevésbé jártas Poisson, mondja Verdet, mindent az analízis segítségével akart levezetni s gyakran azt sem vette észre, hogy kiinduló pontja fizikai lehetetlenség. Így például a hullámok terjedését a folyadékokban avval a föltevással tárgyalta, hogy a folyadékok rugalmasságának a különböző irányokban különböző foka van, holott a folyadék elnevezés már is kifejezi a nyomásnak minden irányban való egyenlőségét, s miután ama helytelen hipotézis segítségével a hullámok alakját háromtengelyes ellipszoidnak találta, azt hitte, hogy már megczáfolta Fresnel elméletét, mely megkívánja, hogy a hullámfölületet negyedfokúnak tekintsük. Másrészt Fresnel, nem mindig törődött az elmélkedés szigorúságával s miként Young, úgy ő is - bár jóval kisebb mértékben - nagyon is hajlandó volt, hogy bizonyítékot lásson minden indukcióban s minden analógiában, mely őt valamely új tünemény feltalálására vezette."

VI. A polározott fény visszaverődése és törése.  
- Az éterre vonatkozó vizsgálatok.

Fresnel utolsó nagy munkája, melyet 1823-ban terjesztett az akadémia elé, a polározott fénynek visszaverődés és törés okozta módosulásait tárgyalta. Miként a kettőstörésre vonatkozó vizsgálatainál, úgy itt is arra törekedett, hogy a fénytümenények mechanizmusának kísérletekkel csak nehezen megállapítható természetét derítse föl.

Young volt az első, ki a visszavert s a megtörtött fény mennyiségét meghatározni akarta, csak-hogy ő a merőleges beesés különös esetére szorítkozott. A visszaverődést és a törést két rugalmas golyó ütközésével vonta párhuzamba: a beeső sugár az ütő golyó az ütközés előtt; a visszavert sugár ugyanez a golyó az ütközés után; a megtörtött sugár pedig az eredetileg nyugvó golyó. A kapott eredmények, melyek, mint különös esetek; a Fresnel elméletében foglaltatnak, figyelemreméltók annyiban, a mennyiben levezetésükre az eleven erők megmaradása elvét használta, mely elv alkalmazására a mondtuk analógiával vezéreltetett.

Fresnel a visszaverődés és törés okozta módosulásokat meghatározandó, föltette, hogy a rezgések transverzálisak s a polározódás síkjára függélyesek, továbbá az eleven erők megmaradása elvén kívül még két külön föltevésre támaszkodott.

Az első föltevés szerint a mozgás a két közeget elválasztó fölület mindkét oldalán folytonos, a második szerint pedig a töréseggyüttható arányos az éter sűrűségének négyzetgyökével. Az első föltevés azon a mechanikai elven alapszik, hogy a mozgás folytonosságát csak végtelen nagy rugalmas erő szakíthatná meg; a második föltevés egyszerű folyománya a törés okait kifejező hipotézisnek.

Fresnel elmélete csak az izotrop közegekre alkalmazható s az imént elősorolt elvek felhasználásával kapott eredmények a kísérleti eredményekkel teljesen összevágnek, ha a fény a beesés-síkban van polározva. Ha ellenben a beesés-síkra függélyesen van polározva, akkor az elmélet s a



tapasztalás között az összhang csak akkor jön létre, ha a folytonosság elvét bizonyos megszorító föltételeknek vetjük alá, s ekkor az Arago és Brewster törvényei, melyek szerint a visszavert s a megtörött polározott sugarak intenzitásai egyenlők, Fresnel általános képleteiből különös esetekként következnek s a polározott fény módosulásai is magyarázatukat lelik. Végre, támaszkodva a már 1816-ban végrehajtott kísérletekre, Fresnel még a teljes visszaverődés elméletét is kifejtette.

Fresnel visszaverődés- és törés-elmélete ugyanazon kritikai szempont alá esik, mint a kettőtörés elmélete. Az eredmények kifejezik ugyan a kísérleti törvényeket, de a levezetés módja és alapelvei (bár ezek itt nem tévesek, mint a kettőtörésnél alkalmazottak) nem oly tiszták, hogy az egész elméletet az optikai tümenyek mechanizmusának hű képeül lehetne tekinteni. Az elmélet hiányossága különösen a tel-

jes visszaverődés törvényeit kifejező képletekből (melyekben képzetes tagok is vannak) tűnik ki. Valamint a kettőstörésnek, úgy a visszaverődésnek és törésnek elmélete is a Fresnel-étől eltérő elvek alapján nehézségek és megszorítások nélkül vezethető le. Neumann elmélete, mely a polározódás síkjával párhuzamos rezgések elvéből indult ki, az eleven erők s a folytonosság tételét alkalmazva korlátozó föltételek nélkül vezet a probléma megfejtésére s kettőstörő közegekre is alkalmazható, holott Fresnel elmélete csak izotrop közegekre szorítkozik.

A fény aberrációjának tüneteményeit s általában a fényt terjesztő közeg gyors elmozdulásai-ból eredő tüneteményeket Fresnel az éter szerkezetére és eloszlására vonatkozó tanulmányok kiinduló pontjává tette. 1817-ben azt a merész hipotézist állította föl, hogy a mozgó testek a bennük foglalt éternek csak egy részét, azaz a tényleg meglevőnek s az ugyanakkora üres (azaz súlyos anyagot nem tartalmazó) térben levőnek különbségét viszik magukkal. Föltéve, hogy a térfogat-

egységben foglalt éternek összes mennyisége arányos az illető közeg törés-mutatójának négyzetével, a mondott különbség arányos a közeg törés képességével, s ez által a törő közegek gyors mozgásából eredő tűnemények, melyek magyarázata nem csak az emisszió-, hanem a hullámelméletnek is tetemes nehézséget okozott, megmagyarázhatók. Fresnel föltevése szerint az éternek a súlyos testek mozgását akadályoznia kell: e következményt az asztronómiai észleletek, nevezetesen az üstökösökre vonatkozóak, igazolják.

Fresnel hipotézise az aberrációs tűnemények nagy részét kimagyarázta ugyan, de a fizikusok jelentékeny része azt képzelvén, hogy a mozgó testtel együtt az összes éter is tovamozdúl, a hipotézissel sokáig nem akart megbarátkozni, míg végre Fizeau interferencia-kísérletei annak döntő nyomatékot adtak. Hogy Fresnel maga is az éternek és a súlyos részecskéknek mechanikai közvetetlen kölcsönhatást tulajdonított, ez kitűnik iratainak egyes helyeiből, melyek szerint a fény és a hő abszorpczióját annak tulajdonította,

hogy a fényhullámok eleven erejük egy részét a súlyos test molekuláinak átadják. A súlyos molekuláknak az éter mozgásával szemben elfoglalt szerepét a színszórás tünetényeiben nagyjelentőségűnek tulajdonította, s valóban Cauchy színszórás-elméletének elvei nem egyebek mint a Fresnel alapeszméinek bővebb kifejtései.

VII. Világító tornyok. - Fresnel hivatalai és külső életviszonyai. - Halála.

Fresnel oly vizsgálatokat hajtott végre, melyek mindegyike egymagában elegendő volna, hogy szerzőjének a kiváló fizikusok sorában díszes helyet jelöljön ki. Ha meggondoljuk, hogy Fresnel munkái 1815-től 1826-ig terjedő, tehát aránylag igen rövid időszakban keletkeztek, e rendkívüli ember tevékenysége méltó bámulatba ejthet bennünket; az általa kivívott eredmények nem valának kedvezően összeműködő körülményeknek, vagy épen a szerencsés véletlennek eredményei, hanem a lángésznek ernyedetlen szorgalommal, következetességgel és öntudatossággal létreho-

zott termékei. Élénk öröm fog el bennünket, midőn azt látjuk, hogy e kiváló férfiú képes volt arra, hogy a tudományt rövid idő alatt a legszebb eredményekkel gazdagítsa, de épen szellemi munkássága idejének rövidsége másrészt fájó érzelmeket gerjeszt. Mennyit nyerhetett volna még a tudomány, ha Fresnel-nek e rendkívüli tevékenysége bárcsak még egy évtizedre kiterjedhetett volna; mily okok rövidítették meg tudományos pályafutását időnek előtte?

E kérdések elsejére feleletet nem adhatunk; felelet helyett oly sejtelmeknek kell tért engednünk, melyek csak a már létesített eredmények mérlegelésével nyerhetnek némileg konkrét alapot; azonban a második kérdésre megfelelnek Fresnel életviszonyai, melyekben feltalálhatjuk a pályafutását megrövidítő tényezőket.

Hogy Fresnel életének utolsó négy évében tudományos dolgokkal nem foglalkozott, ennek okát mindinkább hanyatló egészségi állapotának kell tulajdonítanunk. A folytonos munka testi

erejére nem maradt káros befolyás nélkül; a kincseket, melyekkel a tudományt gazdagította, egészsége és korai halála árán váltotta meg. Azonban hanyatló egészségén kívül még egy másik körülmény is hátráltatta tudományos tevékenységét: mérnöki tisztének is a legnagyobb buzgalommal és kitartással felelt meg. Már említettük, hogy 1818 tavaszán az Ourcq-csatorna műszaki munkálataihoz osztatott be, de itt csak egy évig működött, mert 1819 május havában a párisi kövezés főügyeletével bízott meg. Miután a technikai hatóságok belátták, hogy arra a mérnökre, ki az egész optikát ujjaalkotta, inkább megfelelő hivatalt kell bízni, Fresnel-t 1819-ben a világító tornyok ügyét vezető bizottság tagjává nevezték ki. Később e bizottság titkárává lett.

A világító tornyok fényerejének növelése magában véve sohasem vezetne a világító torony által elérendő célhoz. A jeltűznek egyszerű égésénél a kisugárzott fénynek aránylag csak igen csekély része válik értékéssé, mert a tenger színe felé haladó sugarak, mint a célnak egyedül meg-

felelőek, a kisugárzott összes fénynek csak igen csekély részét teszik. Ennélfogva a sugaraknak egy irányba való koncentrációja nélkül a világító torony céljának meg nem felelhetne. Ezt már az ókoriak is belátták, mert ha az óvilág világító tornyaitól ránk maradt mesészerű híreknek hitelt nem adunk is, e hírek legalább is a célirányos törekvés régi voltáról tanúskodnak. A parabolás tükrök feltalálásával lehetővé vált, hogy a sugarak ugyanabba az irányba tereltesse; a tükrök gyújtópontjában levő tűznek sugarai mindannyian a tükrök tengelyével párhuzamosan veretnek vissza, s hogy az ily módon összegyűjtött fény a tenger fölületének több pontját világítsa meg, a tükröt az optikai tengelyre függélyes tengely körül forgatni kellett. Ez az eljárás még azt az előnyt is nyújtja, hogy a hajósok, kik a torony tűzét csak egyes pillanatokban látják fölgyulladni, a fölgyulladások időközeiből magát a kikötőt is fölismerhetik, ha netalán az időjárás viszonyosságai miatt magukat huzamosabb időn át nem tájékozhatták volna.

Az angolok nagyobb hatás reményében a tükröket lencsékkel helyettesítették, de a tapasztalás a tükrök mellett tanúskodott, s midőn Fresnel kezdett az ügygyel foglalkozni, mindenütt tükrök voltak használatban. Fresnel azonnal átlátta, hogy lencséket csak akkor lehetne sikerrel alkalmazni, ha méreteik rendkívüli mértékben nagyobbíthatnának. De mivel ily roppant nagy s e mellett hibátlan lencsék készítése legyőzhetetlen technikai nehézségekbe ütközik, a közönséges lencséket lépcsős lencsékkel (lenticules à échelons) helyettesítette. A nagyobb fényerősség elérhetése végett Fresnel és Arago alapos vizsgálatokat tettek még arra nézve, hogy miként lehetne a lámpák világító erejét fokozni. Fáradtságuk eredménye egy új szerkezetű lámpa volt, mely több koncentrikus béllal égve, az Argand-féle legjobb szerkezetű lámpák fényét huszonötször múlta fölül. E lámpák, a lépcsős lencsékkel kombinálva, a legkitűnőbb világító eszközök valának: az ilyen eszközökkel felszerelt tornyok elseje a Gironde torkolata melletti volt, mely 1823-ban



állíttatott föl. Fresnel rendszerének jóságát a tapasztalás igazolta; néhány év múlva az oczeán s a Földközi-tenger partjain számos tornyot szereltek föl Fresnel rendszere szerint. E tornyok fénye maradandó emlékeztetője ama hálának, melyre Fresnel a hajókázó nemzeteket lekötelezte.

Látni való, hogy Fresnel-nek tevékenységében találkozunk oly mozzanatokkal is, melyek kielégíthetik azokat is, kik valamely tudós munkálkodásában először is a "hasznot" keresik. Persze az, a ki ilyen rövidlátó elveknek nem hódol, Fresnel tevékenységének az imént jelzett ágát egészen másképen ítéli meg. "E szolgálatok alkalmával, mondja Verdet, bármily nagyok legyenek is, nem fojthatjuk vissza a sajnálkozás egy nemét. A lépcsős lencsét s a koncentrikus bélű lámpákat előbb-utóbb más mérnök is feltalálta volna, de csak Fresnel maga fejezhette volna be a forradalmat, melyet a tudományban megindított."

Sajnos hogy az akkori hivatalos Franciaország nem tudta fölmenteni az anyagi gondok ter-

hei alól a kiváló férfiút, kinek szellemi termékei a dicsőségre oly féltékeny nemzetének minden- ha méltó büszkeségei fognak maradni. Szó sincs arról, hogy a szerény igényű Fresnel jövedelmeiből tisztességesen meg nem élhetett volna, de az életföntartáson kívül még egy magasabb czélt is tűzött földi élete elé. Mérnöki fizetése nem volt elegendő a költséges kísérletek kivitelére, minél- fogva tudományos vizsgálatai vagyonát lassan- ként fölemésztették. Nem valami megörvendez- tető kép az, midőn a híres fizikust látjuk, hogy miként törekszik terhes kötelezettségekkel járó hivatalok után, csak azért, hogy fáradságos úton megszorított jövedelmeit a tudomány érdekei- nek szentelhesse. 1819 és 1820 telén az Athenae- umban fizikai előadásokat tartott; 1821-ben pe- dig a politechnikai iskolán az ideiglenes exami- natornak terhes és rosszul javadalmazott állomá- sát foglalta el, s ezt 1824-ig megtartotta. E terhes hivatal Fresnel egészségét komolyan veszélyez- tette s maga is azon volt, hogy hivatalát a tenge- rész-növendékek examinátorának akkoriban

megüresedett állomásaival cserélje föl. A konkurresek tudományos érdemeit latba vetve, egy perczig sem lehetett kételkedni, hogy az állomást Fresnel fogja elnyerni. A miniszter, kitől az állomás betöltése függött, Fresnel-t, hogy véle személyesen megismerkedjék, magához hívatta, miből Fresnel barátai biztos győzelemre következtettek. Azonban a meghívásnak célja csak az volt, hogy a miniszter Fresnel politikai érzületét kipuhatolja. Fresnel elveihez híven, royalistának vallotta magát, de nyíltan kijelenté, hogy az uralkodó frakcióhoz nem csatlakoznék. Ez őszinte nyilatkozatnak meg volt a maga következménye: másnap egy ismeretlen egyént neveztek ki a tengerész-növendékek examinátorává.

Az efféle viszontagságok Fresnel-t talán elcsüggesztették volna, ha kitűnő férfiaknak, különösen pedig Arago-nak barátsága s a tudományos világ elismerése a csüggedésnek elejét nem vesi. Az akadémia, melynek tagjai közül legtöbben Fresnelnek tudományos ellenfelei valának, későn ugyan, de mégis leróta elismerése adóját.

Épen midőn az akadémia a kettőstörésről írt nagy emlékiratot elismeréssel fogadta, Delambre és Berthollet megszűntek élni. Ez által két tagnak helye, az egyiké a fizikai, a másiké a chemiai osztályban betöltendő volt. Két érdemes pályázó, Fresnel és Dulong, volt kiszemelve a Delambre helyére. Némelyek Dulong-ot a chemia osztályába Berthollet helyébe akarták választani, tehát úgy látszott, hogy Fresnel számbavehető vetélytárs nélkül fog maradni. Azonban mind Dulong, mind pedig az akadémiusok többsége a dolog efféle elintézését ellenezvén, Dulong és Fresnel között kellett döntení. Mivel a fizikai osztály Dulong-ot munkái régíbb keletére való tekintetből első helyre jelölte ki, e kiváló fizikus 36 szavazattal Fresnel 20 szavazata ellenében meg is választatott. Azonban már három hónap múlva, Charles halála következtében, ísmét megürült egy hely, s most Fresnel az akadémia egyhangú szavazatával (1823 máj. 12) választatott meg.

Az akadémiai jövedelmek megkönnyítették ugyan a tudományos célokra szánt kiadásai fe-

dezését, de az anyagi gondoktól korántsem mentették föl. Az említettük sikertelen pályázat után a politechnikai iskolánál mint examinátor újra megkezdé működését. Az 1824-iki vizsgálatok annyira megerőltették, hogy egészségi állapotában veszélyes fordulat állott be. De a kötelességérzet s az önmegtagadás Fresnel-t egy pillanattig sem hagyták el s a javulás pillanatait egészen a világító tornyok ügyének szentelte. Csak 1827 eleje óta helyettesíté öcscse, ki később tényleges utódává is lett.

Fresnel bajain már a leggondosabb ápolás sem segíthetett. A nagyszellemű, de testileg már egészen megtört tudós orvosi tanácsára 1827 június havában Ville d'Avray-be költözött, hol anyján és bátyján kívül egy Duleau nevű fiatal mérnök ápolta. Fresnel filozófushoz illő nyugalommal nézett a halál elébe, de anyját, kit megszemérmézni nem akart, mindig a legjobb reményekkel biztatta. Duleau előtt gyakran tette a következő vallomást: "Bizony hosszabb életet kívántam volna magamnak, mert érzem, hogy a tudományok ki-

apadhatatlan aknájában még számos kérdés van, melyek megfejtése a közjót mozdíthatná elő s amelyeket talán sikerült volna megfejtenem."

Fresnel erejének már teljes fogyatékán volt, midőn Arago meglátogatta, hogy a Royal Society megbízása következtében neki a Rumford-érmét átadja. Fresnel-t ekkor már minden a közeli halálára emlékeztette." Fogadja köszönetemet, így szólott Arago-hoz, a miért ön a megbízásnak eleget tett. Tudom, hogy ez önnek nagyon neheze esett; mert ön bizonyára érezte, hogy a legszebb koszorú is csak jelentéktelen csekélység, ha azt egy barát sírjára kell letenni."

Fresnel 1827 jul. 17-én, 39 éves korában, Ville d'Avrayben anyja karjai között halt meg.

Összes művei az addig kiadatlanokkal együtt a császári kormány rendeletére 1866-ban adattak ki.

## BREWSTER

I. Brewster ifjúsága és tanulmányai. - Első vizsgálatai. - Irodalmi vállalata és optikai munkája.

Sir David Brewster 1781 decz. 11-én Fedburgh-ban, Skótországbán született. Atyja, James Brewster, a fedburghi iskolának (grammar school) igazgatója volt; kívánságára, Dávid a papi pályára készült. Azonban a matematikai s a természettudományok iránti hajlamainak engedve, tanulmányainak egészen más irányt adott, bár ama szándékáról, hogy az egyházi rendbe lépjen, egyáltalában nem mondott le.

Tizenkét éves korában az edinburgi egyetemre ment, hol akkoriban a híres Robison a természettudományokat, Playfair pedig a matematikai tudományokat tanította. E híres mesterek vezetése alatt igen gyors előmenetelt tett, s már 18 éves korában megkezdé optikai önálló vizsgálatait, melyekre a Young interferenczia-elmélete adott

alkalmat. Bár a Young eszméi Angolországban nem találtak kedvező fogadtatásra, kellő hatás nélkül még sem maradtak. A figyelem az új tanra fordúlt s előle még a Newton elveinek legbensőbb tisztelői sem zárkózhattak el. A Newton iránt legbensőbb tisztelettel viselkedő ifjú Brewster is először a diffrakcióval, az optikának ama tüneményeivel foglalkozott, a melyekre a Young elvei közvetetlen vonatkozással voltak. Gondos kísérleteiből kétségtelenül kiderült, hogy a fénysugarak inflexiója független az azt létesítő testek anyagi minőségétől s csakis a testek fölületének változásával módosúl. Ha igaz, hogy az ifjúkori első dolgozatok az illető bűvárnak szellemi irányzatára maradandó befolyással vannak, akkor Brewster-t a Newton elvei iránti bizalmában már az első eredményei ingatták meg.

Brewster 1799-től 1804-ig Hornsby of Pirn kapitány családjánál nevelősködött s csak ezután avattatott a skót-egyház papjává. Első prédikációját 1804 márcz. havában tartotta az edinburgi Westkirkben, de papi hivatalt nem vállalt, hanem



Diron ezredes családjánál ismét mint nevelő működött s ez állomásában 1807-ig maradt.

Brewster 1808-ban a The Edinburgh Encyclopaedia kiadására vállalkozott. Ez a mű, az angol tudományosság legszebb emlékeinek egyike, csak hosszú és fáradságos munka után fejeztetett be 1830-ban, s Brewster tollából számos eredeti cikket foglal magában. Brewster-nek szerény körülmények között végrehajtott vizsgálatai ekkor már nagy mértékben magukra vonták az edinburgi tudományos körök figyelmét s miután az aberdeeni egyetemen a doktori diplomát elnyerte, 1808-ban az edinburgi Royal Society tagjává választatott. Ugyanekkor az edinburgi egyetemen a Playfair lemondásával megürült tanszék-re mint jelöltet Brewster-t emlegették. Ő maga azonban sokkal szerényebb volt, semhogy e tanszék-re aspirált volna, különben is ily állásra még nagyon fiatalnak tartotta magát.

Brewster gyakran betegeskedvén, a papi pályáról véglegesen lemondott s ezentúl minden buz-

galmát a kísérleti vizsgálatoknak szentelte. Tizenegy évi munkálkodásának eredményeit 1813-ban *Treatise on New Philosophical Instruments* cím alatt tette közzé. Ez a mű, melyet Brewster Playfair-nek ajánlott, szerzője tudományos hírnevét tágasabb körben alapította meg, mert a mellett, hogy az optikai műszerek (messzelátók, mikroszkópok, goniométerek, mikrométerek, stb.) leírását tartalmazza, egyúttal számot ad az ezekkel a műszerekkel végrehajtott új kísérletekről, melyek mindannyian az optika legfontosabb problémáira vonatkoztak. Brewster megállapította a Nap színeképében levő színek arányát, midőn a színekép különféle törő anyagokkal idéztetik elő; továbbá meghatározta a különféle testek színszóró és törőképeségét s összeállította a törőképeségek lajstromát, a legtökéletesebbet, mely addig megjelent. Brewster ugyancsak 1813-ban küldötte első értekezését (*Some properties of light*) a londoni Royal Societynek.

1814-ben tette első utazását a kontinensen. Bejárta Franciaországot és Svájcot, de hosszabb

ideig csak Párisban és Genfben tartózkodott, mely városokban a fizikusokkal személyes ismeretségbe s közülök többekkel baráti viszonyba lépett; naplójában mindegyiket leírta s röviden jellemezte.

Brewster legkiválóbb érdemeit a polározott fényre vonatkozó vizsgálataival szerezte s ezekkel a Malus híres találmányaival megindított mozgalomban tevékeny részt vett s díszes helyet vívott ki magának azon elsőrangú fizikusok sorában, kik az optikai tűnemények elméleti s kísérleti tanulmányozásával neveiket megörökítették. Kutatásainak eredményeit a Philosophical Transactions-ben s egyéb tudományos folyóiratokban 1813 óta évek hosszú során át tette közzé. Az optika terén tett minden új találmány magára vonta e fáradhatatlan bűvár figyelmét s alig van az optikának ága, mely kutató szellemének egyetmást nem köszönhetne.

II. A polározódás szögének törvénye. - Visszaverődés a fémek s a kettőstörő közegek fölületéről.

Malus azt találta, hogy a visszaverő fölületek, a fémek kivételével, a fényt polározzák és hogy az a beesés-szög, melynél a beeső fény teljesen polároztatik, vagyis a polározódás szöge, a visszaverő anyag minőségével változik, de eme változás törvényét, bár tüzetesen tanulmányozta a dolgot, föl nem találta. E feladat megfejtése Brewster-nek volt fentartva, s ez a megfejtés kísérletező elmésségének legszebb emléke.

Hogy a polározódás szöge és az illető anyag törés-mutatója között bizonyos törvényszerű összefüggésnek kell fönnállania, ez már a Malus vizsgálataiból, melyek a visszavert és a megtörött sugár közötti benső összefüggést szembeütővé tették, nyilván kiderült. Brewster a törvényt 1815-ben megtalálta: a polározódás szögének tangense nem egyéb, mint az illető közeg törés-mutatója, ez az az ép oly egyszerű mint szigorú

törvény, mely ugyanannak az egy anyagnak optikai két tulajdonsága közötti összefüggést fejezi ki. Ha ezt a törvényt a törés-törvénynyel kombináljuk, még így is fejezhetjük ki: teljes polározódás esetében a visszavert sugár a megtöröttre függélyesen áll. Eme geometriai szemlélhetőséggel a törvény egyszerűsége még inkább szembe-tűnik.

Brewster törvénye nem volt valamely szerencsés véletlen szüleménye, hanem szigorú következetességgel végrehajtott kísérletek eredménye. Brewster 18 különféle anyagot vizsgált meg, s bár első kísérleteinél az elkövetett hibák 25-32 másodpercze rúgtak, tekintettel a kísérletek nagy számára, a törvény helyességét nem lehetett kétségbe vonni.

A Brewster megvizsgálta 18 anyag között előfordúl a levegő is, melyre nézve a polározódás szögét 45 fokúnak találta. Itt közvetlen kísérlet nem volt végrehajtható, minélfogva Brewster indirekt módszerhez folyamodott, a légkör vissza-

verte napsugarakat vizsgálta meg. A megvizsgált anyagok között voltak még átlátszatlanok és kettőtörők is; ezekre nézve pedig a törés-mutatónak értelme, legalább a törvény megkívánta értelme nincs. Ennélfogva, bár a törvény helyességét kétségbe vonni nem lehetett, kísérleti szigorú bebizonyítását csak Seebeck 1830-ban végrehajtott kísérleteinek köszönhetjük.

Malus eleintén azt hitte, hogy a fémes visszaverődésnél polározódás egyáltalában nem jó létre. Azonban Brewster már 1813-ban, tehát öt évvel Malus találmánya után megmutatta, hogy ilyenkor is van polározódás, melyet egy kettőtörő prizmából s egy kristályos lemezből álló polariskóppal könnyen fölismerhetni. Brewster kísérleteiből továbbá kiderült, hogy nincs olyan beesés-szög, mely alatt a fémek visszaverte természetes fény teljesen polároztatnék, s hogy a visszavert fény olyan természetű, mint a beesés síkjában részben polározott fény; végre, hogy van egy bizonyos beesés-szög, melynél a visszaverés

polározta fénynek mennyisége bizonyos maximumot ér el.

Biot megerősítette Brewster észleleti eredményeit s ezeket avval az észlelettel toldotta meg, hogy ha a polározódás egy egyedüli fémes visszaverődés után teljessé nem válik is, ugyanazon szög alatt ismételt visszaverődések azt teljessé tehetik. Biot, kinek kísérletező ügyességétől a fémes visszaverődés ügyében is sokat lehetett volna elvárni, elméleti nézeteivel helytelen irányba tereltetvén, e tárgyban egyéb kiváló eredményt nem talált.

A fémes visszaverődésről való ismeretek Brewster első vizsgálatait s Fresnel összehasonlító észleletei után elég hosszú időn át nem gyarapodtak s csak 1830-ban tett Brewster (a Phil. Transactions-ben) egy új dolgozatot közzé. Újabb észleletei a fémfölületeknek a rájuk eső polározott fényre gyakorolt hatásaira vonatkoztak s a saját és Fresnel ide vonatkozó első észleletei fonalán a lehető esetek mindegyikét tüzete-

sen megvizsgálta. Eredményei újabb bizonyítékai fizikai kitűnő érzékének, mert azokat a nélkül, hogy valamely elmélet fonalán haladt volna, vezette le; Jamin, Lenormant és Neumann vizsgálatai Brewster észleleteit elméleti szempontból is teljesen igazolták.

Fresnel visszaverődés- és törés-elmélete csakis az izotrop közegeket vette figyelembe; a kettőtörő közegek okozta visszaverődés tanulmányozása meg hátra maradt.

A kísérlet ezen a téren is megelőzte az elméletet, mert Brewster már 1819-ben közzétette idevonatkozó kísérleti eredményeit. Brewster a fényt egytengelyes s a sugarakat erősen törő repulzív kristályon verette vissza s azt találta, hogy a teljes polározódás szöge függ a beesés síkja és a főmetszet képezte szögtől; a polározódás szöge legkisebb vagy legnagyobb a szerint, a mint a beesési sík a főmetszettel párhuzamos vagy erre merőleges.



III. Színgyűrűk kristálylemezekben. - Esetleges kettőstörés. - A kristályok optikai rendszere.

Míg Brewster a fény polározódására vonatkozó ismereteket számos vizsgálat által tetemesen bővítette, addig számos új találmányával az új vizsgálatoknak egész sorát nyitotta meg. Már 1813-ban észrevette ama gyönyörű színtüneményeket, melyek tengelyükre függélyesen metszett kristálylemezekben mutatkoznak, ha e lemezen összehajló vagy széthajló polározott sugarak hatolnak át; észleleteit berill-, smaragd- és rubinlemezeken tette s a *Treatise on New Philosophical Instruments* című művében ismertette. Ha tehát az évszámot tekintjük, Brewster-t kell a chromatikus polározódás e különös fájának feltalálójául elismernünk. Mindazonáltal ez a találmány élénk vita tárgya volt, mert 1813 és 1816 között több fizikus, egymástól függetlenül, a Brewster-éihez hasonló észleleteket tett. Wolleston, mint már említettük, a színgyűrűket mészpátban 1814-ben látta; 1815-ben pedig Biot és Seebeck egymástól függetlenül találták föl a

színgyűrűket. Minthogy ez időtájban a különböző országok tudósai között az érintkezés nagyon meg volt nehezítve, nehéz volna megállapítani, hogy ez észleletek mennyiben lehettek egymástól függetlenek. Ha azonban az egytengelyes lemezek színgyűrűire többen tarthatnának is igényt, a kéttengelyes lemezek komplikáltabb gyűrűinek feltalálása (1814-ben) egyedül Brewster-t illeti meg. Eme komplikáltabb gyűrűk elméletét Airy és Müller vizsgálatai tetőzték be.

Az esetleges kettőstörés Brewster-nek egy másik szép találmánya. Brewster észrevette, hogy némely egyszerűen törő anyag, ha nyomásnak vagy szorításnak tétetik ki, kettőstörővé válik. Első észleleteit 1815-ben közölte a Royal Societyvel s a következő években az e tárgyra vonatkozó tanulmányait a Philos. Transactions-ben tette közzé.

Eljárása eleintén nagyon egyszerű volt. Hogy a kocsonyás tömegeknek, nevezetesen a halenyvnek s asztalosenyvnek optikai tulajdonságait

megvizsgálja, azokból szabályos darabokat metszett ki. E darabok a kettőstörésnek nyomát sem mutatták, de a mint azokat ujjai között összeszorította, erősen kettős-törökké váltak. Ugyanis midőn egy ily darabot a polározó s az elemző közé tett s ujjjaival összenyomott, élénk színeket látott; a nyomás fokozatos növesztésével a színek a színképi sorrendben következtek egymásra.

Most, midőn Brewster kísérleteit e célra szánt külön eszközökkel ismételjük, ama kísérletek durva egyszerűségét elég sajátyszerűnek találhatnók. De éppen ez a durva egyszerűség volt hivatva, hogy a tűnemény feltalálását lehetővé tegye, mert ha Brewster mindig csak kemény anyagokkal lelt volna kísérleteket, az ujjai gyakorolta nyomás a tűnemény előidézésére aligha lett volna elegendő.

Brewster-t első észleletei arra a közelfekvő gondolatra vezették, hogy az izotrop közegek szorítás által az egytengelyes kristályokhoz ha-

sonló szerkezetűekké válnak, azaz a szorítás irányában bizonyos optikai tengely keletkezik. Ez oknál fogva Brewster meg akart győződni a tünetny általánosságáról s a kísérletet üvegdarabbal ismételte. De mivel eljárása nem volt eléggé szabatos (a szorításra egyszerű csíptetőt használt), a színek oly rendetlenül keletkeztek, hogy az egész tünetményből semmi törvényszerűséget nem lehetett fölismereni.

Ennél sokkal találóbb volt Brewster-nek egy másik kísérlete, melyet szintén üveggel hajtott végre, csak hogy ez alkalommal hosszúkás üveglemezt használt s azt nem szorította, hanem alkalmas készülékkel hajlította. A hajlításnál a lemezek benyomott rétegei összeszorúltak, ellenben a kidomborított rétegek kitágultak: a lemez közepe táján egy réteg a természetes állapotban maradt. Brewster a polározott fényt a lemezen oldalvást vezette át s elemzővel fogta föl; ekkor különféle színű s görbe formájú csíkok keletkeztek, a középen pedig sötét csík maradt; ez a csík megfelelt a középső üvegrétegnek. Ismeretes tu-

lajdonságú egytengelyes kristályok közbetételével Brewster kimutatta, hogy az izotrop közegek szorítás által a repulzív, nyújtás által pedig az attraktív kristályok optikai tulajdonságait veszik föl, a mi a hullámelmélet nyelvén azt fejezi ki, hogy a szorítás a közegek optikai rugalmasságát növeli, a nyújtás pedig apasztja.

Brewster nem elégedett meg evvel az eredménnyel, mely a fizikai törvény nevére egészen jogos igényt tarthat, hanem még azon volt, hogy a színtüneményeket a szorító vagy nyújtó erőkkal elméleti szempontból még közelebbi összefüggésbe hozza.

Miután a lemeznek hosszúságát és görbületét megmérte, megközelítőleg meghatározhatta az ugyanazon színű vonalaknak megfelelő szorítást vagy nyújtást, s ezeket a csíkok színeivel egybevetvén, azt találta, hogy a színek, a Newton színgyűrűi sorában, a nyújtással vagy szorítással arányos bizonyos lemezvastagságoknak felelnek meg, a mi ismét a hullámelmélet nyelvén azt

mondja, hogy az üveg megtörte sugarak útkülönbsége arányos a nyújtással vagy szorítással.

Brewster-nek ez az utóbbi törvénye, tekintve a levezetés hiányait, szigorúan megállapítottak nem tekinthető. Mindazonáltal Brewster-nek az a merész eszméje támadt, hogy ezt a törvényt dinamikai hatások mérésére alkalmazza, de eme tervével később egészen fölhagyott.

Brewster az imént előterjesztett vizsgálatait, melyek Fresnel-nek s később Vertheim-nak értékes vizsgálatokra adtak alkalmat, kiterjeszté a kettőstörő testekre is. Már 1816-ban megmutatta, hogy a kvarclemmez összeszorításával olyan hatás jő létre, mintha a kvarclemmez vastagsága növeltetett volna, tehát miként az izotrop közegek-nél, úgy itt is az optikai rugalmasság a szorítás irányában fokozódik. Pfaff a Brewster kísérletét kiterjeszté más kristályokra is; eredményei között legföltűnőbb az, hogy szorítás által a kvarcot kéttengelyes kristálylyá lehet átalakítani.

A tűneményeknek ugyanebbe a csoportjába tartozik a gyorsan hűtött üveg kettőstörése, melyet Brewster 1814-ben az üvegcsseppeken észlelt először s még ugyanazon évben a Royal Society-vel közölt. A tűnemény okát a gyorsan kihűlő külső rétegeknek az üveg belső rétegeinek molekuláira gyakorolt nyomásának tulajdonította.

Brewster e fölfedezést önállóan tette ugyan, de Seebeck megelőzte őt. Seebeck vörösizzásig hevített üvegdarabokat a levegőn gyorsan idestova mozgatván, azokat gyorsan lehűtötte. Midőn az ily módon merevített üvegdarabokat a polározott fénybe tette, az elemzőn át élénken színezett rajzokat látott. Ugyane kísérletet megömlesztett bórakszszal, hevített kősóval s gyorsan beszárított gumi arabikummal ismételte. Seebeck e fölfedezést 1812-ben tette ugyan, de a tűnemény okát később ismerte föl mint Brewster, mert eleintén azt hitte, hogy a színes képek, melyeket entoptikai figuráknak nevezett, a fény által a testek belsőjében előidézett módosításoknak tulajdonítandók.

Brewster megmutatta, hogy a vörösizzásig hevített s ezután lassan hűtött üvegnek kettőstörése nincs. Még nevezetesebb az az észlelete, mely szerint az üveg melegítés vagy hűtés közben időszakonként kettőstörővé válik, még pedig mindig akkor, midőn a mérséklet állandóvá lesz.

Míg Brewster ily módon a kettőstörés tüneteit egyrésztől általánosította, addig másrésztől azokat a testek külső jelenségeivel összefüggésbe hozván, a testeket optikai tulajdonságaik szerint rendszerezte. Haüy mutatta meg először, hogy csakis a szabályos rendszerben kristályosodó és a nem-kristályos testeknek van egyszerű törésük. Brewster még tovább ment, mert a kettőstörő kristályokat két csoportra, az egy- és a kéttengelyesek csoportjára osztotta s egyszersmind megjelölte a csoportok krisztallografiai tulajdonságait, mert miután már ötvennél több kristályos anyagnak optikai tulajdonságait tanulmányozta, 1818-ban mint törvényt mondotta ki, hogy a négyszöges és hatszöges rendszer kristályai egytengelyesek, holott a többi rendszer kristályai



kéttengelyesek. Brewster-nek e szép találmánya, nem tekintve krisztallografiai értékét, a kettőstörés elméletének fejlődésére való befolyásával különös értékűvé vált, mert Brewster találmánya volt az, a mi Fresnel-t a kéttengelyes kettőstörés elméletének kifejtésére bátorította.

A Brewster rendszerétől való eltérések a kristályok molekulás szerkezetében mindig valami különlegességet tételeznek föl. Brewster maga is már 1815-ben konstataálta, hogy némely fluór-pát-, kősó-, analczim-, stb. kristályok a kettőstörés világos nyomait mutatják; a következő évben megmutatta, hogy az átlátszó szerves anyagok is, ha strukturás szerkezetük van, kettőstöréssel bírnak. Biot 1841-ben némely timsókristályon föltűnő kettőstörést észlelvén, azokat közelebbről megvizsgálta s lemezes szerkezetűeknek találta.

IV. A fény abszorpcziója. - A fluoreszkálás. - A kaleidoszkóp és a stereoszkóp. Világító toronyok.

Brewster szellemi tevékenysége már kezdettől fogva az optika felé irányult s ezt az irányt később sem hagyta el, s éppen ez oknál fogva gazdagon arathatta a gyümölcsöket, melyeknek teljes megérlelése sok szorgalmas búvárnak buzgalmát vette igénybe.

Midőn Newton a színekpet előállította, ebben a színek folytonos egybeolvadását látta, s bár a fehér fényt színes sugarakból összetett fénynek képzelte, a napfény egyes színeit egymástól különválasztani nem tudta. E feladatnak kísérleti megfejtése Fraunhofer-nek volt fentartva. Ez a fizikus az egynemű színeket, a mennyire lehetséges volt, különválasztotta s ez által megmutatta, hogy a napfény színekpe korántsem folytonos, hanem helylyel-közzel sötét csíkokkal van áthasítva, s hogy e csíkok a színekpek mindig ugyanazon a helyén fordulnak elő.

Brewster megmutatta, hogy a színekpekben levő sötét csíkokat mesterséges úton előállítani, illetőleg a Nap színekpekben előforduló csíkokat sza-

porítani lehet. Midőn a gázok optikai tulajdonságait vizsgálgatta, azt a nevezetes észleletet tette, hogy a salétromsav gőzén átvezetett napsugarak színeképében mintegy kétezer sötét csík van, melyek élesebben körvonalozottak és szélesebbek mint a Fraunhofer-félék, s mindamellett hogy a gőz a sugarakat csak gyenge narancsszínre festette, miként a Fraunhofer-félék, a színekép egész hosszúságában vannak elterjedve, még pedig a legsűrűbben a színekép zöld és kék részeiben. Brewster további kutatásaiból még kiderült, hogy a csíkok száma a gőzréteg vastagságával és sűrűségével szaporodik, továbbá, hogy bizonyos esetekben a gőz hőmérséklete a tünetenyre sajtáságos befolyással van. Így például nem volt képes oly vastag hideg gőzréteget előállítani, hogy a csíkok a színekép vörös részeiben is jelentkezzenek, holott e csíkokat a salétromsav gőzének már 1 cm vastag rétegével is előállíthatta, ha a gőzt hevítette. Brewster még megmutatta, hogy az afféle csíkok csakis akkor keletkeznek, ha a fehér fény gőzökön megy át, mert a színes folya-

dékokon vagy szilárd testeken átvezetett fénynek színekében mindig széles és homályosan körvonalozott sötét szalagok vannak. E szabály alól csak egy kivételt talált, ugyanis a sósavas chromoxidkáli kellő vastagságú lemezei, melyek csak a vörös fényt eresztik át, egy élesen körvonalozott csíkot adnak.

Brewster, kinek kísérleteit Miller más színes gőzökre, chemiailag egyszerűekre és összetettek-re egyaránt kiterjesztette, azonnal fölismerte a tünemény okát és jelentőségét. A színes szilárd testek és folyadékok a rajtuk átmenő fehér fénynek bizonyos alkotórészeit elnyelvén, közel volt az a gondolat, hogy a sötét csíkok is az által keletkeznek, hogy a fehér fénynek bizonyos törékenységű sugarait elnyelik, minélfogva e sugarak a színekben többé elő nem tűnhetnek. Brewster evvel már a Fraunhofer-féle vonalaknak magyarázatát is feltaláltnak vélte, mert a Nap sugarai csak bizonyos vastagságú levegő-rétegen áthatolhatnak hozzánk, tehát valószínű, hogy a színekben hiányzó sugarak a légkörtől elnyeelettek.

A légkör nem áll ugyan színes gázokból, mindazonáltal Brewster direkt észleletekkel bebizonyította a légkör elnyelő képességét, mert ha a napfény színeképét akkor észlelte, midőn a napsugarak vastagabb levegőréteget jártak át, több csíkot vett észre, mint a mikor a Nap tetemes magasságban volt a horizon fölött; télen több csíkot látott mint nyáron, s többet látott hajnalban és alkonyatkor mint a nap egyéb szakában. Különben is Brewster minden körülmény között több csíkot észlelt mint Fraunhofer, s e körülményt annak tulajdonította, hogy az ő észlelőhelye (Allerly-ben, Skótországbán fekvő birtokán) a tenger színe fölött jóval csekélyebb magasságban volt, mint Fraunhofer-nek Felső-Bajorországban fekvő észlelőhelye.

A mondottakból már kitűnik, hogy Brewster századunk egyik legszebb, bár elvi jelentőségében túlbecsült találmányának, a színekép-elemzésnek útját egyengette. Az által, hogy megmutatta, hogy Fraunhofer vonalai abszorpcziós tünetenyekre vezetendők vissza, a dolog lényegét már

megfejtette s csak az maradhatott az eldöntendő kérdés, vajjon miféle abszorpczió az, mely a vonalakat létesíti. S valóban, a Kirchhoff híres vizsgálatai kétségen kívülé tették, hogy valamennyi csík semmi esetre sem tulajdonítható a légkör hatásának, hanem ellenkezőleg, s ez éppen a Fraunhofer-tól megjelölt csíkokra vonatkozik, a csíkok keletkezése légkörünkön kívül fekvő okban, nevezetesen a Nap atmoszférájában keresendő.

Brewster feltalálója, bár nem az egyedüli feltalálója egy sajátságos fénytűneménynek, melyet jelenleg a fluoreszkálás neve alatt ismerünk. Ez a tűnemény sok tekintetben különbözik a foszforeszkálástól, mely tűnemény a legrégibb idők óta ismeretes s abban áll, hogy némely ásvány, ha egyszer a Nap sugarainak kitétetett, a sötétben a foszfor módjára tovább világít.

Brewster 1836-ban tette közzé ide vonatkozó első észleleteinek eredményeit, melyek abban állanak, hogy a fluórmész és némely folyadék, bár egészen tiszták és átlátszóak, a Nap sugarainak

kitéve, sajátsterű fényben világítanak; ez a világítás épen csak addig tart, míg az illető folyadékok a Nap sugarainak kiteve vannak, holott a foszforeskáló testek csak a megvilágító fény elvonása után fénylenek. Brewster kísérleteinél napfényt alkalmazott, a sugarakat lencsével összegyűjtötte s e fénykúpot az illető folyadékba vezette. Midőn kénsavas chininoldatot használt, az oldatnak a fénykúp áthatotta része kék színnel világított, mely szín annál gyengébb volt, minél mélyebben hatolt a fénykúp az oldatba.

Mivel a tünetemény az addig ismert fénytüneteményektől lényegesen eltért, nehéz volt megállapítani, hogy melyik csoportba volna sorozandó. Brewster az egészet úgy fogta föl, mint a színszórásnak a testek belsejében végbemenő egyik nemét, miért is a tüneteményt belső színszórásnak nevezte.

1845-ben a híres Herschel ugyanazt a tüneteményt Brewster-től függetlenül találta föl. Herschel szintén kénsavas chinin-oldatot használt, s

a folyadék fölületén ugyanazt az égszínkék fényt észlelte. Herschel e fény színeképét is előállította s azt tapasztalta, hogy ez a fény is igen sok színes sugárból van összetéve, de a színeképnek az a része, mely a gyengébben törött sugarakat tartalmazza, elmaradt. Mivel Herschel a kék fényt csakis a folyadék fölületén észlelte, azt hitte, hogy a folyadék a kék színű sugarakat nem igen bocsátja át, hanem inkább már fölületén szétszórja, s ennél fogva a tűneményt "felületi színszórás"-nak nevezte.

A két híres fizikusnak ez a véleménykülönbsége arra készítette Stokes-t, hogy a szóban forgó tűneményeket tüzetes vizsgálat alá vesse. Stokes-nak 1852-ben közzétett eredményeiből kiderül, hogy e tűnemények az illető testektől elnyelt fény hatásainak tulajdonítandók. Ugyancsak Stokes volt az, ki a tűneményt, mivel a fluór-mészen észleltetett először, fluoreszkálásnak nevezte el.



Hogy a Brewster fizikai műveiről föltárt képet befejezzük, még csak nagyon elterjedt két találmányáról akarunk szólni.

Mind a kettő megint az optikába tartozik. Az első a dioptrikai stereoszkóp, mely Brewster-től fölismert azon az elven alapszik, hogy ugyanannak a tárgynak azonos és egymásmellé fektetett két rajza két szemmel nézve tömör képet ad, mihez azonban megkíváncsatik, hogy a két szemben külön-külön keletkező képek az ideghártyának azonos részeire essenek. Brewster e föltételt teljesítette, hogy mily sikerrel, erről fényesen tanúskodik a készülék rendkívüli elterjedése.

1817-ben feltalálta a kaleidoszkópot. Ez a csinos készülék, mely azóta általánosan el van terjedve, rendkívül egyszerű szerkezete s a benne szemlélhető képek végnélküli változatossága miatt annak idején igen nagy föltűnést keltett. A készülék igen nagy haszonnal van azokra nézve, kik, mint a papir- és kelmefestők, díszítők, építők stb. rajzaikat nagyon sokféleképen akarják vari-

álni; ezeknek munkájában a kaleidoszkóp a leg-  
gazdagabb fantázia szüleményeit ezerféle vál-  
tozatban teremti elő. Ritkán aratott valamely ta-  
lálmány Európának valamennyi országában oly  
fényes külső sikert mint a kaleidoszkóp; csupán  
csak Angolországban az első három hónap alatt  
mintegy kétszázezer darab kelt el.

Brewster a világító tornyok javítását is egyik  
feladatává tette. De minthogy a Buffon tervezte  
nagymeretű lencsék kivitele nem sikerült s a ki-  
tűzött feladatot még akkor sem fejthette meg, mi-  
dön magányos lencsék helyett egyes darabokból  
összerakottakat használt, sőt a lencserendszere-  
ket reflektorokkal kombinálta: nincs okunk, hogy  
őt tekintsük feltalálójául ama lencserendszernek,  
melyet Fresnel kiváló sikerrel alkalmazott.

V. Brewster irodalmi tevékenysége. - Kitünté-  
tései, jelleme, halála.

Brewster meg volt győződve, hogy az igazi tu-  
dományosság csak akkor felelhet meg céljának,  
ha az emberi értelem közkincsévé válik. Angol-

országban kevesen tettek annyit a tudományok népszerűsítése érdekében, mint ő. Nem tekintve az edinburgi Encyclopaedia megalapítása és szerkesztése körüli érdemeit, Jameson tanárral egyesülve a The Edinburgh Philosophical Journal (Edinb. 1819-24, 10 kötet) című új folyóiratot adta ki. E vállalatot 1824-től fogva The Edinburgh Journal of Science cím alatt önállóan folytatta (1824-29, 10 kötet; új sorozat: 1829-32, 6 kötet). 1832 óta részt vett a London and Edinburgh Philosophical Magazine kiadásában. Mindezeket a folyóiratokat számos eredeti dolgozattal gazdagította. Eme nagyszabású vállalatok mellett az ifjuság szellemi igényeinek is eleget akart tenni, s ennél fogva nem röstelte, hogy elemi tankönyvek szerkesztésével, sőt fordításával foglalkozzék. Így a többi között lefordította Legendre Geométriá-ját, kiadta Ferguson Asztromiai Leczké-it s négy kötetbe összegyűjtve kiadta régi tanítójának, Robison-nak összes műveit. A híres Walter Scott-hoz intézett levelei a "természeti bűvészetről" (Letters on Natural Ma-

gic) 1832-ben jelentek meg Londonban. Ugyancsak Brewster tollának még két nevezetes biográfiai munkát köszönhetünk. Az első Newton életét és műveit tárgyalja (Memoirs of the life, writings etc. of S. J. Newton, első kiad. Edinb. 1855); ez a mű a legnevezetesebb, melyet az angol irodalom Newtonról fölmutathat, nem egyéb mint, Brewster-nek Newton-ra vonatkozó kisebb terjedelmű egyik művének (The life of Sir J. Newton, London, 1831) kibővítése. Brewster-nek második biográfiai műve a "tudományok mártírjai"-nak (Galilei, Tycho, Kepler) életét és műveit ismerteti: The Martyrs of Science or the lives of Galileo, Tycho Brahe and Kepler, London, 1856.

Brewster nagyon sokat tett a meteorológiai észleletek terjesztése érdekében. Az 1831-ben alakult Britanniai Társaságnak ő volt a legbuzgóbb alapító tagja. E társaság abból a célból alakult, hogy a bel- és külföldi tudósokat, a tudományos kérdéseket megvitatandók, évenként gyűlésre hívja össze.

Ennyi érdem nem maradhatott a legbövebb elismerés nélkül. Nem tekintve a rendjeleket, Brewster a világ majdnem valamennyi akadémájának tagjává választatott. A londoni Royal Societynek már 1815-ben tagjává lett, s e társaságtól egymásután hat érmet kapott; a francia Institut 1825-ben levelező, 1849-ben pedig a Berzelius helyére külső tagjává választotta. Végre 1831-ben baronnet rangra emeltetett.

Miután első nejét 1850-ben elveszíté, 1857-ben másodízben nősült meg s nejével Olaszországba utazott. 1860-ban az edinburgi egyetem vice-chancellorjává választatott s ugyanebben az évben a berlini egyetemtől, ennek alapítási ünnepélye alkalmával, "az orvosi segédtudományok körül szerzett nagy érdemeinek elismeréseül" tiszteletbeli doktorrá avattatott.

Mindamellett hogy Brewster a világ minden részéből elismerő kitüntetésekét kapott, élete nagyon kedvezőtlen anyagi viszonyok között folyt le. Fizetéses rendes állásai nem voltak: csekély

vagyona s messze elterjedt találmányai pedig vajmi keveset jövedelmeztek. Irodalmi legnagyobb vállalata, az Encyclopaedia, anyagilag majdnem egészen sikertelen maradt. E bajok mellett még három fiának kiképzéséről kellett gondoskodnia; nem csoda tehát, ha az élet terhei őt gyakran ellankasztották s tetterejét megzsibbasztották.

1833-ban az edinburgi egyetemen a természet-tudományok tanszéke a John Leslie halálával üresedésbe jött. Brewster maga ajánlkozott e tanszékre, melylyel jövőjét biztosíthatni vélte. Azonban az érdekes fizikus - valószínűleg politikai okokból - elutasított, s a tanszéket James Forbes kapta. Talán ez volt életében a legnagyobb s a legkeserűbb csalódás.

1836-ban 300 font sterl. évi kegyelemdíjat, 1838-ban pedig az University of St. Andrews-ban kapott alkalmazást. Eme segítségek sok gondtól szabadították meg s véget vetettek nyomasztó anyagi helyzetének. Azonban az utóbbi

állást 1844-ben majdnem elveszíté. Brewster a szabad egyház (Free church) híve lévén, a Presbiterary of St. Andrews által állomásáról elmozdítatott. Barátai és kollégái közül csak egyetlen egynek volt annyi bátorsága, hogy védelmére keljen. De a mellette hangosan nyilatkozó közvélemény elhárítá a bajt s Brewster csakhamar visszanyerte állomását.

Brewster egyéni jelleme sokféle vonást tár elénk. "Valamint nagyító üvegein keresztül mindent sokszorosított dimenziókban látott, úgy az életben is mindent lehetőleg nagyított, még pedig nemcsak kedélyében, hanem még inkább kifejezéseiben." Gyakran megesett, hogy a mások előtt kicsinyeseknek látszó dolgokra a legerősebb kifejezéseket használta. Az étkezésre vonatkozó legcsekélyebb körülmények, a cselédek, a látogatások, sőt még a szórakozások is nála igen fontos és komoly dolgok valának. Brewster nagyon hamarosan föllobbant s ilyenkor roppant szarkasztikus tudott lenni, de aztán ép oly könnyen kien-

gesztelődött. Élete végén maga mondá: "Az egész világgal békében halok meg."

Brewster minden komoly és nemes törekvés iránt érdeklődött, s az érdeklődést másokban is hathatósan föl tudta kelteni. E mellett túlságos szerény volt; az igazi életrevalóság nem volt meg benne. A költészetet különösen szerette s e téren maga is tett néhány kísérletet. Bár a vallásos tévedések, visszaélések és babonák kiírtásán egész életén át fáradozott, vallásos mély meggyőződése, mely miatt honfitársaival gyakran meggyűlt a baja, őt az elfogultságtól még sem óvhatta meg. A *The Martyrs of science* című munkájában mint fizikus kiváló elismeréssel van a Galilei tudományos érdemei iránt, hanem mint hisztorikus annál furcsábban ítéli meg Galilei magaviseletét. A protestáns Brewster szerint VII. Orbán és a római kongregációk, mint a katholicizmus védői, csak kötelességüket teljesítették, midőn a theológiába avatkozni nem akaró, hálátlan, ál-katholikus és lázító Galilei-t elítélték, mire különben a Galilei visszavonó vallomásai kényszerítették



őket, mert ha Galilei mindvégig állhatatosan erősítette volna a Kopernikus rendszerének igazságát, bizonyára fölmentetett volna! A skót fizikus szerint Galilei nem csak a katholicizmust támadta meg túlságos hévvel, hanem a peripatétikusokat is, kiknek tanaikhoz történelmi jogaik voltak: Galilei-nek csínján kellett volna velők bánni s az új tanokat tapintatosabban kellett volna előkészítenie, stb. Mivel e jellemző nézetek nem lehetnek történelmi tanulmánynak eredményei (mert a bebizonyított tényekkel ugyancsak ellenkeznek), úgy kell azokat tekintenünk, mint a dolgoknak a Brewster egyéni jellemének megfelelő interpretációját. Valóban szerencse a fizikára nézve, hogy Galilei nem vallotta a Brewster konzervatív elveit.

Brewster akadémiai kitüntetéseinek legnagyobbikát 1864-ben nyerte el, a mikor is az edinburghi Royal Society elnökévé választatott, de az érdemekben megőszült tudós ezt a kitüntetést csak négy évvel élte túl. Brewster már 1858-ban veszélyes betegségbe esett; ebből szerencsésen

kigyógyult ugyan, de testi ereje akkor már egészen meg volt törve.

Brewster 1868 febr. havában, 87 éves korában húnyt el. Életének komoly és nemes folyásáról a legszebb képet egyetlen leánya, Mrs. Gordon tárta föl a következő művel: *Home life of Sir D. Brewster*, Edinb. 1873.

## OERSTED

A múlt századnak kiváló szellemekben gazdag utolsó negyede az északi vidékek tartományait oly férfiakkal ajándékozta meg, kik kitűnő műveikkel az emberi művelődés fejlesztéséhez közvetlenül hozzájárulván, a skandináv törzsek maradandó ékességeivé lettek. Oehlenschläger a költő, Thorwaldsen a szobrász, Berzelius a kémikus, Rask a nyelvtudós, s hogy a többit ne említsük, az Oersted testvérek mindmegannyi kiváló alakjai az északi törzseknek. Mivel mi az általános kultúra-történelemnek csak egyik ágát tartjuk szem előtt, a diszes körnek csak az egyik tagját, az idősebb Oersted-et fogjuk bemutatni.

Ez a jeles fizikus oly eszméket valósított meg, melyek többé kevésbé határozott körvonalakban már hosszú idők óta lebegtek a természetbúvárok szemei előtt. Az elektromos és a mágnesi erők rokonságának bebizonyítása a jelen század elején tett találmányok után mindinkább előtérbe lépett, elannyira, hogy e rokonság kimutatására már di-

rekt kísérletek tétettek. Mindazonáltal a fáradozások sikertelenek maradtak, míg végre az Oersted művei kétségtelenül bebizonyították azt a fizikai igazságot, melyet egy szellemes író úgy fejezett ki, hogy "az iránytű és a villámhárító azonos erőknek csak különböző hatásait tüntetik föl."

I. Oersted ifjúsága és tanulmányai. - Első munkái.

Hans Christian Oersted 1777 aug. 14-én a Langeland szigetén fekvő Rudkjöbing-ben született. Atyja szegény patikáros volt, ki gyermekeinek neveléséről csak nehezen gondoskodhatott; a községben különben sem voltak tanintézetek. Volt azonban egy német parókakészítő, kihez az ifjú Oersted az egy évvel később született öccsével mindennap elment hogy tőle németül, a nejétől pedig írni és olvasni tanuljon. A két gyermek, talán inkább velük született tehetségeik, mint mestereik ügyessége folytán oly gyorsan haladt, hogy a parókakészítő egyszerre csak

ügyes tanító hírébe esett s a szülők gyermekeiket hozzája küldötték. Ebben az iskolában Oersted még megtanulta az összeadást és a kivonást is; mestere számtani tudománya tovább nem terjedt. Azonban az atyja házában egy számtani könyvet talált s e könyvből minden további segítség nélkül megtanulta a többi alaplőveletet és a hármas szabályt; a tanultakat öcscsével közölte; a két testvér egymást kölcsönösen művelte. Ez a szerény iskolázás az Oersted tehetségeit igen gyorsan fejlesztette; a szomszédok gyakran mondták: ez a gyermek nem fog sokáig élni, mert túlságosan eszes!

A 12 éves Christian öcscsével együtt atyja műhelyébe inasnak állott be. A két testvérnek nem igen volt kedve atyjuk mesterségéhez; mind a kettő a papi pályára akart lépni. Azonban az idősebbik mindinkább fokozódó kedvvel dolgozott atyja szerény laboratóriumában, s mivel egyidejűleg minden chemiai és természetrajzi könyvet, mely keze ügyébe esett, mohón végig olvasott a

természettudományok iránti hajlamai is mindinkább föléledtek.

A szülői házba gyakran ellátogatott egy fiatal theológus, kitől a két testvér latinul tanult. Az idősebbik szép előmenetelt tett még a francia nyelvben is, elannyira, hogy ez időtájban a Voltaire Henriade-ját dánra fordította; az ifjabbik inkább az angol nyelvet kedvelte meg. Végre annyira föléledt önbizalmuk, hogy kedvet kaptak a kopenhágai egyetemre menni. 1794-ben mind a ketten el is mentek Kopenhágába, hol nagyon szűkes viszonyok között éltek. Midőn egy ügyes tanító néhány hónapon át az ókori nyelvekben teljesen előkészítette őket, a fölvételi vizsgálatot szép sikerrel letették s ezután állami segélylyel, valamint magántanítással szerzett keresményükkel tanulmányaikat tovább folytatták. Azonban útiük nem sokára szétvált; az ifjabbik természetes hajlamainak engedve, a filozófiai, jogi és államtudományok felé hajolt, holott az idősebbik a medicinát, fizikát és az asztronómiát tanulmányozta. Mindazonáltal együtt maradtak s tanul-

mányaik eredményeit egymással közölték. A tanuló ifjúság örömeiben és zajos mulatságaiban nem vettek részt, visszahuzódó s néha ügyetlen magaviseletük őket gyakran gúny tárgyává tette, de tehetségeiknek folyton növekedő híre nem sokára bámulatot és köztiszteletet keltett. Egyedüli barátjuk az ekkor még szintén tanuló Oehlenschläger volt, bár ennek pajzán és csapongó kedélye az ő komoly hangulatukkal nem igen látszott összhangban lenni. Az ifjabb Oersted később Oehlenschläger nővérét vette el s a három ifjú benső barátságát csak az Oehlenschläger halála szakította meg.

E három ifjúnak kölcsönös versengésben és nemes törekvésekben gazdag szellemi élete abba az időszakba esett, midőn a szellemi forradalom Európa szerte magas hullámokat vetett. A mi Oersted-ünk, bár hivatása szerint orvos, hajlamai szerint pedig természettudós volt, nagy lelkesedéssel csatlakozott ahhoz a filozófiai, poétikai s esztétikai irányhoz, mely ekkor Németországban érvényre emelkedett s már 1797-ben "a köl-

tői s a prózai nyelv határaitól" írt értekezésével egyetemi pályadíjat nyert. Költői hajlamait különben is mindvégig megőrizte s tudományos eszméit gyakran foglalta versekbe. Ugyanekkor a farmaceutikai vizsgálatot is letette, feleleteivel a vizsgálókat annyira meglepte, hogy ezek egyike, a vizsgálat után, Manthey tanárhoz, kinek laboratóriumában Oersted dolgozott, így szólott: "Micsoda kandidátust küldött ön nekünk? Ő többet tud mint mi mindannyian."

A következő évben Oersted egy orvosi értekezéssel ismét pályadíjat nyert, s 1799-ben doktorrá avattatott. Doktori disszertációjában a természettudományok különböző ágairól alkotott filozófiai nézeteit világosan és szabatosan terjesztette elő s egyszersmind elárulta az e tudományokban való nagy jártasságát. Egy chemiai műről közzétett bírálatában az alkáliák új elméletét állította föl. 1800-ban Manthey tanár külföldre utazván, patikája vezetését átvette s helyette az egyetemen sebészeti előadásokat tartott.



Volta ugyanez évben feltalálta az elektromos oszlopot s evvel a kutatások beláthatatlan mezejét nyitotta meg. Oersted is azok közé tartozott, kik az új készüléket a legnagyobb buzgalommal tanulmányozták. Első kísérleteinek egyike az elektromos láncz módosítása volt; ugyanis a fémeket tartalmazó edényül magát a negatív fémét, a rezet használta, mi által a láncz hatásképeességét tetemesen fokozta; egyúttal kimutatta, hogy a savak minősége az elektromos áram erősségére igen nagy befolyással van. Azonban a legfontosabb eredmény, melyet már ekkor elért, az volt, hogy kimutatta, mi szerint az elektromos áram megbontotta sóoldatokban a savak és az alkáliák a telítés arányában válnak szabaddá.

E fontos észleletre Winterl pesti tanárnak és Ritter-nek az elektrochemiára vonatkozó nézetei adtak alkalmat. Ugyancsak Oersted volt az, ki egy recenzióval a német közönség figyelmét a Winterl műveiben kifejezett rendszerre vonta.

## II. Oersted külföldi első útja. - Oersted és Ritter.

Miután a 23 éves Oersted első tudományos vizsgálataival nevét kicsiny hazája határain túl ismeretessé tette, honi szokás szerint külföldi útra indult. Utazása harmadfél évig tartott. Az ifjú tudós a legszívesebb fogadtatásra talált, a mi barátait nagyon meglepte, mert ajánló levelek nélkül kelt útra. Oersted-nek szerény, de nyílt modora, élénk beszéde s éles ítélő tehetsége oly tulajdonságok valának, melyek az ajánló leveleket fölöslegessé tették.

Oersted hat hónapig Berlinben, rövidebb ideig pedig Freibergben, Jenában és Münchenben tartózkodott. Németország akkoriban élénk szellemi mozgalmak színhelye volt; az eszmék, melyeknek összességét később az úgynevezett természet-filozófia néven foglalták össze, éppen akkor javában forrongtak. Oersted kedvét találta a német tanokban, melyeknek befolyását a saját szellemi fejlődésére maga is beismerte. Mindamellett

a szigorú és pozitív szemlélődés útjáról soha sem tért le, bár erre, éppen a német befolyás miatt, elég alkalma lett volna. Oersted sok kiváló tudóssal jött érintkezésbe, de szorosabb összeköttetésbe csak az ekkor Münchenben tartózkodó Johann Wilhelm Ritter-rel lépett. E híres fizikus akkori-ban dicsősége tetőpontján állott; kiválóan híressé ama kísérleteivel tette magát, melyekkel kimutatta, hogy az életműködést folytonos elektromosságfejlődés kíséri. Oersted és Ritter együttesen több kísérletet tettek, s ez időtől fogva Oersted munkatársát mindig kiváló tekintélynek ismerte el, sőt azt is állította, hogy az elektromos oszlop tulajdonképpen Ritter találta föl!

Oersted 1803-ban Regensburgban *Materialien zu einer Chemie des XIX. Jahrhunderts* cím alatt egy kicsiny művet adott ki, a melyben érdekesen fejtegette az új mezőket, melyeket a Volta oszlopa a chemia előtt föltárt. Miután Ritter-t még egyszer meglátogatta, Párisba ment, hol 15 hónapig tartózkodott s a franczia nyelvet és irodalmat szorgalmasan tanulta; e mellett Cuvier,

Haüy, Guyton-Morveau, Biot, Vauquelin, Thénard és Berthollet-vel élénk összeköttetésbe lépett. Oersted szorgalmasan hallgatta e híres tanárok előadásait s a saját kísérleteinek eredményeit a Société philomatique előtt gyakran bemutatta.

Ritter 1803-ban találta föl a másodrendű oszlopot (Ladungssäule), mely készülék szorosan összefügg az elektródok polározódásával. Már régebben észleltetett, hogy a Volta oszlopa működése folyamában folytonosan gyengül, különösen pedig akkor, midőn az áramba vízfölbontó készülék van beiktatva. Az ellenállás, melyet a fölbontó gyakorolt, sokkal nagyobb volt, semhogy azt az elektródok között levő folyadékréteg ellenállásának lehetett volna tulajdonítani, minélfogva de la Rive azt a hipotézist állította föl, hogy midőn az áram fémből folyadékba megy át, saját-szerű ellenállás, az úgynevezett átmenet ellenállása lép föl. Ha a fölbontásnál az elektródok oxidálódnak, vezetőképességükben változás áll be, tehát az átmeneti ellenállásnak némi valószínűsége

ge van, azonban már Ohm megjegyezte, hogy ez az ellenállás akkor is föllép, ha nem oxidálódó elektródok használatnak. Ritter direkt kísérletekkel kimutatta, hogy az áram gyöngülése különös elektrom-indító erőben keresendő, mely erő a vízbontóban lép föl s az eredeti árammal ellenkező áramot szül. Ezt a tűneményt, melyet később az elektródok polározódásának neveztek, Ritter felhasználta a másodrendű oszlopnak összeállítására; ugyanis rézlapok közé savtartalmú vízzel megnedvesített papírlapokat tett s az így szerkesztett oszlopon át elektromos áramot vezetett.

Midőn az eredeti áramot megszüntette, a második oszlop sarkait összekötötte s ez által az eredeti áram irányával ellenkező irányú áramot kapott, mely a maga részéről ismét képes volt kémiai hatásokat előidézni. Poggendorf később megmutatta, hogy mikép lehet a második oszloppal az eredeti áramnál nagyobb feszültségű áramokat előidézni.

Ritter e találmányáról szokásos homályos modorában írt értekezését a Párisban tartózkodó Oersted-del avval a kérelemmel közölte, hogy azt francziára fordítsa s valamely folyóiratban közzétegye, hogy aztán találmányával az Institut kitűzte díjra pályázhasson. Oersted teljesítette barátja kérelmét s az értekezést saját jegyzeteinek kíséretében az Institut első osztályának bemutatta s a Journal de Physique-ben közzétette. A fordítás annyira sikerült, hogy Ritter bevallotta, hogy a fordítást jobban megérti mint a saját eredetijét! Azonban Ritter találmánya, mely többszörös javítás után a legújabb időkben gyakorlati fontosságot is nyert, az Institut részéről nem talált kedvező fogadtatásra.

Ritter nem sokára meghalt. A kiváló férfiú kitűnő elmével volt felruházva, de e mellett nagyon exczentrikus eszméket táplált, mely eszmék iratainak nagyon sokat ártottak s napjait is megrövidítették. Oersted, kire, mint Ritter utolsó barátjára s munkatársára az eszmék egy része örökség-

képen átszállott, jó ideig hódolt a Ritter-féle elveknek.

Oersted bemutatta magát Fourcroy-nak, a politechnikai iskola chemia-tanárának is. Fourcroy némi lenézéssel szólott az "észak chemikusai"-ról, a mi azonban Oersted-det nem alterálta, valamint az sem, midőn Fourcroy a politechnikai iskolát mód nélkül földicsérvén, gúnyosan felelt Oersted-nek ama megjegyzésére, hogy azon lesz, hogy Kopenhágában a párisihoz hasonló politechnikai iskolát alapítson. Oersted visszatértében Németalföldön utazott át. Haarlemben a híres van Marum-mal több elektromos kísérletet tett. Brémában megismerkedett Olbers csillagászsal és Treviranus fiziológussal. 1804 január havában megérkezett Kopenhágába.

III. Oersted mint tanár. - Különböző vizsgálatai. - Második utazása.

- A folyadékok összenyomhatósága.

Oersted-et, mikor hazájába visszatért, inkább "természetfilozófus"-nak, mint fizikusnak tartot-

ták. Ez lehetett az oka, hogy a jó hírnévnek örvendő fiatal embert kinevezték ugyan az egyetemhez a fizika rendkívüli tanárává, de csak három évre ideiglenes minőségben. Most volt először alkalma, hogy tudományos nézeteit rendszerezítse s azokat úgy csoportosítsa, hogy velük a tanuló ifjúságot a tudományba alaposan bevezesse. S valóban, az ideiglenes tanárnak sikerült is az ifjuság s a kopenhágai művelt közönség tetszését rövid idő alatt megnyernie; hallgatóinak száma egyre szaporodott, híre pedig oly magas fokra hágott, hogy még a királyi családdal is közelebbi érintkezésbe jöhetett.

Oersted hírét az egymást sűrűn követő munkái méginkább növelték. Ez időben tette közé az El-mélkedések a chemia történetéről című művét, a Chladni-féle hangfigurákra vonatkozó kísérleteit és A hangok okozta gyönyörörről című értekezését, melyben az aesthetika törvényeit sajátos fölfogása szerint fejtegette. 1808-ban kiadta Mechanikai fizika című tankönyvét.



1812 máj. havában újra útra kelt. Berlinben, hol három hónapig tartózkodott, Niebuhr biztatásaira kiadta (német nyelven) a Nézetek a chemiai természettörvényekről című művét. Miután még több német várost meglátogatott, Párisba utazott, hol huzamosabb ideig maradt s említett munkáját francziára fordította. 1814-ben visszatért hazájába s ugyanez évben megnősült.

Oersted az egyetemnek 1814-iki programjában közzétette a skandináv nyelvek chemiai nomenklaturáját. Az ajánlott műkifejezések annyira megfeleltek az északi nyelvek szellemének, hogy azonnal elfogadtattak, s még jelenlég is használatnak. 1815-ben a kopenhágai akadémia titkára Bugge, elhalálozván, helyébe Oersted választotta meg, a ki ugyanez évben a Danebrog rend lovagjává neveztetett ki; két év múlva pedig, miután mint rendkívüli tanár már tíz éven át működött, rendes tanszéket kapott.

Ez időtájban Oersted a folyadékok összenyomhatóságát beható vizsgálat alá vetette.

Az ókoriak abban a nézetben voltak, hogy a folyadékok összenyomhatatlanok és rugalmatlanok s ez a nézet a XVII-ik század közepéig uralkodott a nélkül, hogy abban valaki kételkedett volna. A flórenczi fizikusok a folyadékok eme tulajdonságait kétségbe vonták ugyan, s a kérdést kísérleti úton akarták eldönteni, de kísérleteik vagy egészen helytelen alapelveken nyugodtak, vagy pedig, a mikor helyes úton jártak, nem elégé érzékeny módszereket alkalmaztak, minélfogva nem volt igazuk, midőn a víz összenyomhatatlanságát mint kísérleti úton bebizonyított igazságot állították föl. A Boerhave, Muschenbroek s Nollet későbbi kísérletei a flórencziek nézetének még nagyobb nyomatékot adtak.

Robert Boyle volt az első, ki tapasztalati tényre támaszkodva, a víz összenyomhatatlanságát kétségbe vonta. Boyle sárgarézgolyóba vizet öntött s miután a golyó nyílását beforrasztotta, az egészet kalapáccsal kissé összelapította, s ezután a golyó falába finom lyukat szúrt. Mivel a víz e lyukon nagy erővel szökött ki, Boyle azt

következtette, hogy a golyóban a víz össze volt szorítva. Mongez a Boyle nyomában járt; a vizet sertéshólyagba szorította s ezután a hólyagot be- kötötte. Ha most a hólyag a földre esett, rugalmas golyó módjára visszapattant. Mongez nem hitte, hogy a visszapattanás egyedül a hólyag rugalmasságának volna tulajdonítandó.

A kérdésnek kísérleti közvetetlen eldöntését Canton-nak köszönhetjük. Ez a jeles experimenter 1762-ben a hőmérőhöz egészen hasonló készüléket, azaz tulajdonképen vízhőmérőt készített: golyóban végződő, szűk menetű csőbe vizet töltött, s hogy a levegőt kihajtsa, a vizet fölforralta, azután a csövet beforrasztotta. Midőn az egész készülék lehűlt, megjegyezte azt a pontot, melynél a víz megállapodott s ezután a cső végét letörte. A betóduló levegőnek nyomása a vizet összenyomta, miről a szűk csőben levő oszlop süllyedése tanuskodott. Miután Canton kísérleteit Abich, Zimmermann, Hubert és Perkins ismételték s azt a többi folyadékra is kiterjesztették, a

folyadékok összenyomhatóságában többé kételkedni nem lehetett.

Így állottak a dolgok, midőn Oersted mintegy félévszázaddal Canton kísérletei után az összenyomhatóságot újból megvizsgálta. Az előzmények után Oersted-nek már csak az a feladata lehetett, hogy az összenyomhatóságnak számbeli értékét határozza meg. E célra egy, a Canton-éhoz hasonló, piezométer nevű készüléket használt s azt találta, hogy egy légköri nyomással a víz az eredeti térfogatának  $1/46000000$  részére szorítható össze.

Oersted nem vette figyelembe a piezométernek kitágulását s ennél fogva oly hibát követett el, mely pontos meghatározásoknál számításon kívül nem hagyható, a miért is Colladon és Sturm Oersted kísérleteit ismételték, figyelembe véve a piezométer kitágulását is. Mindazonáltal a Colladon és Sturm meghatározásai sem voltak eléggé pontosak, minél fogva Regnault, Wertheim, Grassi s más experimentátorok tökéletesbített készü-

lékekkel a kísérletek új sorát hajtották végre. E kísérletekből kiderült, hogy a víz összenyomhatósága a mérséklettel növekszik, hogy az összenyomhatóság függ a folyadékok anyagi minőségétől, de nem mindig növekszik a nyomással arányosan.

1818 és 1819-ben Oersted két barátjával; Esmarch és Forchhammer-rel, Bornholm szigetére utazott, hogy a sziget geológiai viszonyait, különös tekintettel a kőszén és a vasérczek kiaknázására, tanulmányozza. Ez volt kezdete Dánország geológiai átkutatásának, melyet azonban Forchhammer egyedül fejezett be.

#### IV. Az elektromágnesség feltalálása.

Végre elérkezett az 1820-ik év, melyet Oersted maga is élete legboldogabb évének nevezett, mert ez évben találta föl az elektromos áramnak a mágnesűre gyakorolt hatásait. Ez a találmány, mely Oersted nevét az egész tudományos világban visszahangoztatta, úgy tekinthető, mint hosszú idők óta szunnyadozó eszméknek a megtes-

tülése, melyek Oersted elméjében is mint filozófiai konzekvenciák régóta megfogamzottak. Lássuk tehát először a történelmi előzményeket.

Már az elektromosság és a mágnesség alaptü-  
neményei, nevezetesen a vonzás- és taszítás-  
tünemények s a az elektromos és mágneses erők  
közötti analógiára utaltak s a XVIII. század ele-  
jén meglehetősen el volt terjedve az a nézet,  
hogy az elektromosság valamely primitív tűz, a  
mágnesek pedig nem egyebek, mint evvel a tűz-  
folyadékkal telített vasas tűzkövek. E nézet ellen  
Jean Paul Marat a *Recherches physiques sur  
l'électricité*, Paris, 1782 című művében határo-  
zottan kikelt; azonban a két erő azonos hatásai az  
analógiáknak nagyon tágas tért engedtek. Louis  
Cotte e tárgyról következőleg nyilatkozott: "A  
mágneses és az elektromos anyag közötti analó-  
giák különféle jelei azt gyaníttatják velem, hogy  
ez a két anyag tulajdonképen csak egyféle anyag,  
mely különféleképen módosúl s különféle hatá-  
sokat idézhet elő; e hatások okának és elvének  
egységét már-már fölismerjük. Azonban mindez

csak vélemény, melyet a kísérletek s észleletek maholnap talán igazolni fognak." Cigna turini tanár a tűnemények kétféle csoportjában teljes hasonlóságot látott, de okaik azonosságát kétségbe vonta. A híres Lacépède az okok között ilyenféle összefüggést látott: a tűz-elem levegővel kombinálva fényt, vízzel kombinálva elektromosságot, végre földdel kombinálva mágnességet szül! Másrészt van Swinden az 1785-ben közzétett értekezéseiben azt vitatta, hogy az elektromos és a mágneses folyadékok között semmi analógia sincs, sőt annyira ment, hogy a mágnességnek az északi fényre s a villámütéseknek a mágnesűkre való befolyását is tagadta!

Az eszmék e zűrzavarában az 1800-ik év forduló pont vala. A Volta oszlopa hivatva volt, hogy a vitás nézeteket vagy az egyik vagy a másik irányban, de mindenesetre véglegesen eldöntse. Csakhogy ez az eldöntés nem ment oly hamar mint ezt jelenlegi ismereteink álláspontjából elképzelhetnők. Igaz ugyan, hogy a Volta oszlopa az addigi szétágazó nézeteket kiszorította, hanem

aztán ezek helyett egészen téveset vont maga után. Az oszlop a sarkain összegyülemlő ellenkező elektromosságokkal a mágneshez sokkal hasonlóbb volt, sem hogy némelyek annak a kísértésnek ellenállhattak volna, hogy magát az oszlopot mágnesnek tekintsék. Ritter volt az első, ki ezt a nézetet határozottan kifejezte s már a mágnességet is az elektromosság módjára pozitív és negatív mágnességre osztotta s a mágnesek pozitív és negatív sarkairól beszélt!

A szigorúbb gondolkozáshoz szokott fizikusok, különösen pedig Ampère, nem fogadták el Ritter nézeteit, mert nem voltak direkt kísérletek, melyek efféle analógiákat jogosúttakká tettek volna. Mégis, Ritter merész s elmés fordulatokban gazdag eszméinek napról-napra híveket szerzett. Muncke és Gruner Hannoverában mindent elkövettek, hogy erős mágnesekkel előidézzék mindazokat a hatásokat, melyeket a Volta oszlopa idéz elő, s megpróbálták, vajjon az igen erős mágnesek nem gyakorolnak-e az igen kicsiny s könnyen mozoghatólag felállított oszlopokra



vonzó vagy taszító hatást, de a várt eredmény elmaradt. Ha az erős mágnesek helyett erős oszlopokat s a kicsiny oszlopok helyett kicsiny és mozgékony mágnesűket használtak volna, talán feltalálhatták volna a dolog lényegét.

1802 ápr. havában a Monthly Magazine egyik tudósítója e lapban azt írta, hogy Bécsben jelentést tettek olyan mesterséges mágnesről, mely épen úgy fölbontja a vizet mint a Volta oszlopa. Világos, hogy e tudósításnak semmi alapja sincs, mert ha a mágnes csakugyan fölbontotta a vizet, ez csak a mágnes által indukált áramokkal történhetett, már pedig az indukzióról akkoriban még szó sem volt.

Sokkal jelentősebb egy másik hírlapnak közleménye, mely oly tényeket említ föl, melyek Oersted találmányával némi rokonságban vannak. A trienti Ristretto dei Fogliette universali 1802 aug. 3-iki számában megjelent egy cikk, melyben az mondatik, hogy Gian-Domenico Romagnosi a Volta-féle oszlophoz ezüstitűt kö-

tött s midőn a láncz végével elszigetelt mág-  
nestűt érintett, az utóbbi félre taszított s ebben  
a helyzetben még akkor is megmaradt, mikor Ro-  
magnosi a lánczot már fölemelte; úgy látszott,  
hogy a tű teljesen elveszíté polárosságát s ezt  
csak akkor kapta vissza, midőn Romagnosi a tű  
szigetelő tartóját kezeivel lassan szorította!  
Ugyanez a láncz közelében levő nedves kender-  
fonalat épen úgy vonzotta, mintha közönséges  
módon elektromoztatott volna.

E kísérleteket, melyeket különben a trienti lap  
nagyon homályosan írt le, csak azért említettük,  
mert 1859-ben Zantedeschi az elektromágnesség  
igazi feltalálójául Romagnosi-t tüntette föl. Zan-  
tedeschi a *Corrispondenza scientifica di Roma*  
1859 ápr. 9-iki számában a trienti közleményt re-  
produkálta s a Romagnosi kísérleteiről megje-  
gyezte, hogy a mágnesű eltérése bizonyára on-  
nét eredt, hogy Romagnosi az egyik kezével a  
láncz végét érintette s ez által az áramot a földbe  
vezetvén, azt bezárta. Ezt az utólagos magyará-  
zatot elfogadva, el kellene ismernünk, hogy Ro-

magnosi megelőzte Oersted-det, de épen azért, mert Romagnosi (ha ugyan a Zantedeschi utólagos interpretációja áll) nem vette észre a kísérlet lényegét, azaz a tű eltérésének föltételét, a feltaláló nevére igényt nem tarthat. Különben a Romagnosi kísérleteire egyes experimentátorok már régebben hivatkoztak, így például Giovanni Aldini és Jozeph Izarn már 1804-ben fölemlítették az áramnak a tűre gyakorolt némi hatásait, sőt idézhetnénk még több fizikust, kik a mágnesség s az elektromosság azonosságát föltüntetni akaró kísérleteik közben a két erő között némi kölcsönhatást találni véltek, de már az eddigiekből is kitűnik, hogy a dolog lényegét, azaz az áramnak a tűre gyakorolt, még pedig a távolságba gyakorolt hatását 1820-ig tisztán még senki sem ismerte föl.

Oersted maga is, természetfilozófiai nézeteitől vezéreltetve, sokáig azt hitte, hogy a mágnesség s a statikai elektromosság azonos eredetűek s a Nézetek a chemiai természettörvényekről című művében e véleményt világosan kifejezte. E mű-

nek az ő közreműködésével kiadott francia fordításában Oersted már általánosabban kimondotta, hogy valamint a mechanikai tanok kevés számú alapelve fektethetők, épen úgy a fizikai (elektromos) és a kémiai tünemények között bizonyos kapocsnak kell fönnállnia. "Az egység elve" így nevezte Oersted az ő - persze nem valami pozitív formában előterjesztett - általános törvényét, ez az egység elve volt kutatásainak filozófiai motivuma. Mellesleg megjegyezhetjük, hogy az Oersted általános elve csakis az erők kvalitatív összefüggésére volt figyelemmel, a dolognak realisabb részét, a kvantitatív összefüggést nem is érintette.

Oersted az imént említettük művének megjelenése óta szakadatlanul kereste az elektromosság s a mágnesség kölcsönhatásait, de fáradsága eredménytelen maradt. Végre az 1819-ik év telén tartott előadásainak egyikén történt, hogy az áramtól izzásig hevített platina drót a mágnesű közepében volt elhelyezve. Oersted s hallgatói nagy meglepetéssel vették észre, hogy ez a tű sajátsze-

rű lengéseket tesz; úgy látszott, mintha a záródrót vonzó és taszító hatásokat gyakorolt volna! E szerint az elektromágnesség feltalálása a véletlen szüleménye; bár egy másik verzió szerint Oersted-nek előadás közben az a gondolat jött, hogy talán nem a sarkokon összegyülemlő elektromosság, hanem maga az áram fogja a tűre hatást gyakorolni s e gondolatát még az előadás folyamában, miután hallgatóit a várt eredményre előre figyelmeztette, meg is valósította. Később Oersted maga is úgy tüntette föl a dolgot, mintha e nevezetes hatást akkor találta volna föl, midőn a kétféle elektromosságnak a kiegyenlődésük pillanatában föllépő hatását kereste volna; csakhogy ez állításnak, valamint a föntebb említett verzió-nak nagyon ellene mond az a körülmény, hogy Oersted sokáig nem tudta fölismerni, hogy tulajdonképen miféle hatásokkal van dolga, sőt úgy látszik, hogy mind ő, mind pedig hallgatói csakis az oszlop mágneses polárosságára gondoltak, mert a találmány híre csak akkor terjedt el, midőn Oersted azt 1820 júl. havában (tehát legalább

is egy negyed év múlva) az Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam című iratában ismertette.

Oersted találmányát eleintén csak az akadémiák és a tudományos körök méltatták figyelemre, a nagy közönségnek alig volt arról tudomása, minek oka Oersted első közleményeinek zavart és homályos szerkezetében, továbbá abban a körülményben keresendő, hogy maga a szerző és a nyomdokain haladó fizikusok eleintén abban a téves nézetben voltak, hogy a kísérlet csak akkor sikerül, ha az összekötő drót a vörös izzásig hevül föl, a mi igen erős áramokat kíván meg! Mivel pedig akkoriban csak igen kevesen rendelkeztek hatalmas telepekkel, nem csoda, ha igen sokan, bár a tárgy iránt nagy érdeklődéssel viseltettek legyen, a kísérletekhez hozzá sem foghattak, sőt sokan kételkedtek az áram mágneses hatásaiban, mert úgy gondolkoztak, hogy az ilyen hatalmas áramok mágneses hatások nélkül is idézhetnek elő bizonyos lengéseket. Mindenesetre föltűnő, hogy Oersted elég sokáig nem vette

észre, hogy a mágneses hatások sokkal gyengébb áramokkal s a drót izzása nélkül is előidézhethők. De a mint a tűnemény a tudományos körök előtt ismeretessé vált, mindazok a különös föltételek, melyeket Oersted szükségeseknek tartott, mintegy maguktól elestek s a találmány általános elterjedését többé mi sem gátolta s a kételyek helyét közelismerés és a feltaláló iránti általános tisztelet foglalta el.

A Genfből jövő de la Rive a kísérleteket a párisi akadémia előtt 1820 szept. 11-én ismételte s Ampère már egy hét múlva új és általánosabb tényekkel gazdagította az elektromágnességet.

Oersted megkísérlette, hogy a tűneménynek elméleti magyarázatát adja, de munkájának ez a része egyáltalában nem sikerült; elméleti nézetei éppen olyan tapogatódzásokkal vannak telve, mint a milyeneket a dolog kísérleti megállapításában tett. A legfőbb nehézség abban állott, hogy az áram eltérítő hatásának maximumát éri el, ha a tűvel párhuzamosan halad. Ugyanis az Oersted

találmányában a mágnesű úgy viseli magát, mint valamely emelű, mely oldalagos erők által forgattatik, már pedig az emelű törvénye szerint az erő forgató képessége annál nagyobb, mennél inkább közeledik az erő iránya s az emelű képezte szög a derékszöghöz, s a forgató képesség semmi, ha az erő iránya az emelűével összeesik. Azonban a tű a vele párhuzamos áramtól forgattatik, s ez a tapasztalat, melyről úgy látszik, hogy a mechanika legegyszerűbb törvényeivel ellenmondásban van, arra készítette Oersted-et, hogy a Descartes-féle örvényekhez folyamodjék. Oersted szerint "az elektromos konfliktus nincsen a záródrótba rejtve, hanem maga körül eléggé kiterjedt hatása van," s ez a konfliktus a mágneses részecskékre hatván, ez utóbbiak a konfliktusnak bizonyos fokig ellenállanak; hogy már most az áram haladó mozgását a tű forgó mozgásával összeegyeztesse, Oersted a spirálszerű örvények hipotéziséhez folyamodott. Az ellentett elektromosságoknak igen szoros menetű és körszerű külön-külön örvényeik vannak; az egyik



örvény a tű északi sarkát, a másik örvény pedig a tű déli sarkát forgatja. Ez a magyarázat bizonyos pontig helyt áll, de mivel a statikai elektromosság, épen úgy mint a mágnesség, csak egyenes vonalú mozgásokat eredményez, forgató hatásokat pedig valamely mechanikai külön kapcsolat nélkül elő nem idézhet föl: kellene tennünk, hogy az örvények a vezető drótból nagyon is messzire, még pedig a szigetelőkön át is kilépnek. Ez oknál fogva Oersted magyarázata az elektromágneses tények szaporodtával mindinkább tarthatatlanná vált s miután az evvel a tárggyal foglalkozó fizikusok belátták a hipotézises kombinációk meddőségét, az elektromágnességi törvények levezetésének reálisabb terére léptek. Itt első sorban az Ampère, Biot, Savart, Neumann és Weber vizsgálatai veendőek figyelembe; Ampère és Weber kutatásai egyszersmind világosságot vetettek a tűneményt előidéző erők természetére.

Itt csak a Biot és Savart kísérleti vizsgálatairól akarunk szólni. E két fizikus már 1820-ban, közvetetlenül az Oersted publikációja után meg-

határozta az áram által a tű egyik sarkára gyakorolt erő irányát s megmutatta, hogy miképen változik ez az erő az áram intenzitásával s a tűtől való távolságával.

Biot és Savart a mágnesűt selyemgubószálra függesztették föl s a Föld irányító erejét egy, a tű közelében felállított mágnessel kompenzálták. A tű közelében függélyes áramot vezettek el; a tű ekkor mindaddig forgott, míg végre az áramon és a fölfüggesztő fonálon átvett síkra derékszög alatt helyezkedett el, még pedig olyformán, hogy az északi sark az árammal úszva képzelt s a tű felé tekintő emberi alaknak balkeze felé, tért ki. E kísérleti eredményből Biot azt a törvényt vezette le, hogy az áramnak a tű egyik sarkára ható ereje merőleges az áramon s az illető sarkon átvett síkra.

Ezután a két experimentátor egy kicsiny s vízszintes síkban forgó tű mellett ismét függélyes áramot vezetett el s a Föld irányító erejét ismét kiküszöbölte. A nyugalmi helyzetéből kilódított

tű lengéseket tett; a lengési időket az áram és a tű közötti távolsággal kombinálva - tekintettel arra, hogy az erő fordított viszonyban van a lengés-idő négyzetével - Biot és Savart megmutatták, hogy a kérdéses erő a távolsággal egyszerű fordított viszonyban hat. Végre ugyancsak lengés-kísérletekből kiderült, hogy az áram forgató hatása egyenes arányban van az áram intenzitásával.

Ilyenek valának azok az eredmények - Ampère s Arago találmányait nem is említve, - melyek Oersted találmányát nyomban követték. Egyik találmány a másikat szülte s nem telt bele félszázad s az elektromágnesség a tudomány s a gyakorlati élet leghatalmasabb tényezőinek egyikévé vált.

V. Oersted egyéb fizikai munkái. - Utazásai. - Irodalmi működése. - Kitüntetései, halála.

Az élénk visszhang, melyet az elektromágnesség találmánya a tudományos világban keltett, még inkább élesztette Oersted-nek ama vágyát, hogy a külföld tudósaival személyesen érintkez-

zék. 1822-ben ismét Németországba utazott, hol nemcsak a fizikusok, hanem az irodalom férfiai, a többi között Goethe-től is, nagy kitüntetéssel fogadtatott.

Oersted egyideig Seebeck-kel együttesen hőelektromos kísérleteket tett s 1823 elején Párisba ment. Itt az Institut fizikai osztályába levelező taggá választatott. Párisi tartózkodása alatt eredeti vizsgálatokat is hajtott végre; ezek között legkiválóbbak azok a kísérletek, melyeket Fourierrel együttesen a hőelektromosságra vonatkozólag tett.

A nyár közepe táján Angol- és Skótországba utazott. Midőn Kopenhágába visszatért, utazásai alkalmával tapasztalt kitüntetések által buzdíttatva, még nagyobb hévvel fogott a munkához. 1824-ben hosszas munka után előállította az alumíniumchlorürt, de az alumínium különválasztása neki még nem sikerült.

Fizikai vizsgálatai közül még kiválóan érdekesek a Mariotte törvényére vonatkozók, melyekről

Dulong-nál már megemlékeztünk. Utolsó műveinek egyike a Faraday diamágneses találmányaira, másika pedig a freibergi Reich elektromágnességi vizsgálataira vonatkozik. E munkálataival, bár a kérdéses tárgyakra új fényt nem igen derített, megmutatta, hogy előrehaladt kora daczára éber figyelemmel kísérte a tudomány fejlődését s hogy minden újabb vívmányt gondos vizsgálat alá vetett. Az évek súlya nem vett erőt a kitartó és tevékeny férfiún, s hosszú lajstromot kellene előterjesztenünk, ha élete utolsó huszonöt éve alatt közzétett valamennyi értekezését felsorolni akarnók.

Oersted egyik régi vágyának teljességbe menését látta, midőn 1829-ben VI. Frigyes uralkodása alatt Kopenhágában politechnikai iskola alapíttatott. Oersted ez intézet igazgatójává neveztetett ki s e szép tisztelet haláláig viselte. Ugyanez intézetben a fizikát évek hosszú során át ernyedetlen buzgalommal tanította.

1823-ban, harmadik utazása alkalmával egy, a természettudományokat terjesztő társulat tervét dolgozta ki. Midőn hazájába visszatért, a terv közhelyesléssel fogadtatott, minélfogva kiviteléhez azonnal hozzáfoghatott. Az új társaság tagjai nem csak Kopenhágában, hanem a vidéken is természettudományi előadásokat tartottak, mely előadások meghozták az Oersted óhajtott gyümölcsöket.

Oersted tevékeny tagja volt még egy irodalmi társulatnak is, melynek folyóiratában különféle cikkeket, a többi között filozófiai és vallásos tárgyúakat is tett közzé. Midőn 1834-ben a dán politikában a liberális-alkotmányos eszmék fölevenedtek, Oersted az új irányhoz lelkesedéssel és elfogultság nélkül csatlakozott, holott öcsce, ki később miniszterré lett, "rothadt szagot érzett Dániában" s a mozgalomtól távol maradt. Tanítványai körében kivívott népszerűségét gyakran igénybe vette az ifjuság megindította heves mozgalmak lecsillapítására. 1835-ben a sajtószabadság megóvására elvrokonaival külön tár-

sulatot alapított, s VIII. Keresztély királyt trónra-lépése alkalmával nagy föltűnést keltő szabadelvű beszéddel üdvözölte.

Oersted egészen élete utolsó időszakáig északi Németországba s a skandináv államokba számos kirándulást tett, hogy részt vegyen a természetvizsgálók gyűlésein; beszédei, melyeket a skandináviai természetvizsgálók gyűlésein tartott, mindmegannyi programmbeszédek, melyekben a tudomány haladásának s terjedésének útját jelölte ki.

1846-ban, 69 éves korában még egyszer külföldi nagy útra kelt, mely alkalommal Német-, Francia- és Angolországot újra meglátogatta. Forchhammer, ki Oersted-et kísérte, ez utazást Oersted diadalmenetének nevezi.

Családi élete boldog volt. Mint már említettük, 1814-ben nősült meg; neje lutheránus lelkész leánya volt. Házassága három fiú- és négy leánynyal volt megáldva, de gyermekei nagy részét korán elveszíté. Öccséhez, kivel a rudkjöbingi

parókacsinálónál tanult, mindvégig testvéri szeretettel ragaszkodott, bár a későbbi években törekvéseik nagyon is szétágaztak.

Midőn Oersted 1850 nov. 7-én nyilvános pályafutásának 50 éves jubileumát ünnepelte, nemcsak a főváros, de mondhatni, hogy a kicsiny ország valamennyi polgára megragadta az alkalmat, hogy a kiváló tudós iránti elismerését kifejezze. Ha megjegyezzük, hogy akkoriban Dánországban kevés intelligens ember volt, ki nem lett volna az Oersted tanítványa, a lelkesedés nyilvánulásait könnyen elképzelhetjük. Tisztelői aláírási ívet nyitottak s a begyűlt összegen a frederiksborgi kertben a Fasanenhof nevű kastélyt, melyben egykor Oehlenschläger lakott, vették meg neki. Mellszobrát a Fasanenhofban óriási néptömeg jelenlétében leplezték le s az egyetem rektora doktori gyűrűt nyújtott át neki, stb. A közelismerés, hála és szeretet nyilvánulásai egyaránt közreműködtek, hogy Oersted dicsőséggel már régóta koronázott életének hátralévő napjait boldoggá tegyék. A szerény Oersted remélte,



hogy e napokat szerető családjá körében csendes munkásságban fogja tölthetni.

Azonban ez a remény hiú volt, mert még mielőtt új lakására költözködött volna, 1851 márcz. 9-én 73 éves korában megszűnt élni. Családjának fájdalmát Dánország s az egész tudományos világ részvéte enyhítette.

Oersted ötvennél több akadémiának s tudományos társaságnak volt tagja. A francia Institut nyolcz külső tagjának egyikévé választotta. Természetes, hogy a rendjelek sem maradtak el.

Összes művei a következő czím alatt jelentek meg: Samlede og efterlade Skrifter, Kjöbenhavn, 1850-52, 8o, 8 kötet; műveiből több értekezés német nyelven Der Geist in der Natur czím alatt jelent meg (ford. Kannegiesser, München, 1850). Ez a mű leginkább filozófiai tárgyakkal foglalkozik s világos és vonzó előadása, valamint költői nyelvezete által egyaránt kitűnik. Oersted átlépi a természet határait, hogy az igazságot az ész és a vallás követelményeivel összhangba

hozza; filozófiai irányzata ezt a könyvét Németországban nagyon megkedveltette.

**AMPÈRE**



**AMPÈRE.**

# I.

Ampère ifjúsága és tanulmányai. -

Atyjának sorsa s ennek következményei. -  
Ampère mint magán- és nyilvános tanár.

André Marie Ampère 1775 jan. 22-én Lyonban született. Atyja művelt és tekintélyes kereskedő volt s kevésbé fiának születése után üzletével felhagyott és családjával a Poleymieux lez Mont d'Or községében levő kicsiny birtokára vonult vissza.

Az ifjú Ampère nyilvános iskolába nem járt, de rendszeres magánoktatásban sem részesült. Azonban fényes tehetségeit már idejekorán elárulta; még mielőtt olvasni és számolni tanult volna, különféle vonalakba rakott kavicsokkal maga kombinált holmi feladatokat. Midőn egy ízben megbetegedett, gondos anyja elszedte tőle a kavicsokat, de a kevés kétszersültből, melyből egész kosztja állott, apró darabkákat tördösött le s kombinációit ezekkel folytatta.

Ampère alig hogy írni-olvasni megtanult, azonnal széles körű tanulmányokra adta magát. Az atyja könyvtárából előszedegetett könyveket válogatás nélkül végig olvasta, s ha az imént azt mondtuk, hogy tanulmányai széles körűek valának, tessék ezt a szó szoros értelmében venni, mert a 13 éves Ampère nem terjeszkedett-e ki az emberi ismeretek valamennyi ágára, midőn a Diderot és d'Alembert encziklopédiájának terjedelmes köteteit az egyes czikkek megválogatása nélkül ábéczés rendben végig olvasta?

Midőn a családi könyvtár már nem volt elegendő az ifjú Ampère tudományszomjának elol-tására, atyja gyakran elvitte Lyonba, a városi könyvtárba, mi által alkalma nyílt, hogy a legértékesebb művekkel megismerkedjék. Midőn Euler-re és Bernoulli Dániel-re került a sor, megelő-zőleg néhány hét alatt a latin nyelvet tanulta meg, mert e híres matematikusok műveinek legnagyobb része ezen a nyelven volt írva s Ampère e nyelv tanulására mindaddig kellő gondot nem fordított.

Ampère korán adta jelét annak, hogy nehéz problémák megfejtésére különös talentuma van, a mint ez világosan ki fog tűnni a következőkből. A feladat, melynek megfejtésére vállalkozott, nem vala sem több, sem kevesebb, mint egy általános nyelvnek megteremtése, mely munkája hívatva lett volna, hogy a babyloni torony korszaka előtt való állapotokat visszaállítsa. Ampère ezt a dolgot, melynek eszméjével tudósok és költők többé-kevésbbé komolyan már régóta foglalkoznak, a lehető legkomolyabb oldaláról fogta föl: kitartó és fáradságos munka után sikerült az új nyelv szótárát és grammatikáját összeállítania, sőt lyoni barátai előtt az új nyelven írt verseit is elszavalta.

A kiváló tehetségű tanulónak eme bűvárkódásait a forradalom viszontagságai nagyon megzavarták. Atyjának az a szerencsétlen gondolata támadt, hogy a kitört vihar elől a poleymieux-i hegyekből Lyonba meneküljön s ott nagyobb biztonság kedvéért a békebíró tisztét vállalja el. A város ostroma után Collot d'Herbois és Fouché a

megtorlás ürügye alatt iszonyú gyilkolást rendelték el; Ampère atyja is, kire egy aljas árulkodó azt fogta, hogy arisztokrata, a vérengzés áldozatává lett. A becsületben megvénült férfiú elszántan lépett a vérpadra; kivégeztetése előtt levelet írt, melyben arra kérte nejét, hogy szomorú végét csak a leánya előtt titkolná el, mert nem tart attól, hogy a gyász hír fiára is lesújtó hatással volna.

A gondos apa csalatkozott, mert a 18 éves Ampère lelke egészen megtört a rémhír hallatára. Az addig oly tevékeny ifjú napjait tétlen merengésben töltötte s lelki állapota a legkomolyabb fordulat bekövetkezését sejteté.

Ez a kinos állapot majdnem egy évig tartott. Ekkor kezei közé kerültek J. J. Rousseau botanikai levelei. E műnek ép oly világos mint ékes nyelvezete gyógyítószerként hatott az ifjúnak beteg lelkületére, s midőn még a Horatius és Licinius ódáival véletlenül megismerkedett, lelkének régi rugalmasságát csakhamar visszanyerte. Ez időtől fogva Ampère szellemi foglalkozása hol a

botanika, hol pedig a római költők tanulmányozásából állott. Mind a két irányban oly alapos ismereteket szerzett, hogy még későbbi éveiben is ép oly alaposan szólhatott a botanika vitás kérdéseihez, mint a mily könnyűséggel tudott mértékes verseket szerkeszteni.

Arago tanúsága szerint a 18 éves Ampère három tényt ismert el olyanokúl, melyek hivatva valának, hogy jövőjére döntő befolyással legyenek: az első áldozása, Thomas Descartes telógiája, végre a Bastille bevétele. Első áldozásától datálódott vallásos érzülete; a Descartes telógiájának elolvasásától a fizikai, filozófiai és matematikai tudományok iránt való lelkesedése, a Bastille bevételétől pedig a szabadság s az emberi méltóság iránt való tisztelete. Atyjának gyászos sorsa, bármennyire érezte legyen leverő hatását, nem ingatta meg abbeli meggyőződését, hogy a nagy forradalom a civilizáció fejlődésének egyik legjelentősebb tényezője.



Ampère, kinek szelleme a tudományos problémák iránt már jókorán nagy érdeklődéssel viseltetett, a nagy természet szépségei iránt érzéketlen volt, még pedig nagyon egyszerű okból: mert e szépségeket nem ismerte, mivel nagyon rövidlátó volt. Azonban egy utazása alkalmával egyik útitársának pápaszemét próbálta meg, s evvel a vidék szépségeit egyszerre fölismervén, kimondhatatlan gyönyört érzett, mely gyönyör ismételt előidézésére csak az addig rossz pápaszemét kellett jóval fölcserélnie. Midőn 1812-ben a genuai öböl partjait szemlélgette, annyira el volt ragadtatva, hogy a szép kép láttára meghalni kívánt!

Látjuk tehát, hogy Ampère a természet szépségei iránt csak rövid ideig volt vak. Azonban a zene iránt hosszabb ideig volt érzéketlen, még pedig nem hallószervének tökéletlensége miatt. Ifjúkorában nagyon komolyan foglalkozott ugyan az akusztikával, de a tulajdonképeni zene nem érdekelte, sőt a magas stilben tartott tudományos és mesterkéltségi zene rendkívül untatta. Csak harminczéves korában nyíltak meg fülei;

midőn egyszer egy hangversenyen a Gluck-féle darabok után egyszerű és kellemes áriákat adtak elő, Ampère-t az egyszerű dalok annyira elbájolták, hogy szemei könnybe lábadtak. E pillanattól kezdve megszűnt a zene iránt érzéketlen lenni, de ezután is csak az egyszerű, igénytelen dalokat kedvelte.

1796-ban történt, hogy Ampère Poleymieux közelében botanizálván, munkája közben két szép és szerény magatartású leányt vett észre, mi életére döntő befolyással volt; mert ő, ki eddig leányokra vagy nősülésre nem is gondolt, egyszerre heves vágyakat érzett s kész lett volna amaz ismeretlen leányok egyikét még az nap nőül venni. Csakhogy ekkor még nem volt sem hivatala, sem vagyona, minélfogva a leánynak, Carron Juliának szülei kérelmét mindaddig nem vélték teljesíthetőnek, míg biztos keresetforrásra szert nem tesz. Kicsibe múlt, hogy a heves ifjú, ki ekkor szíve vágyainál egyebet nem érzett, hogy célját mennél előbb elérje, a tudományok legnagyobb kárára kereskedőnek be nem állott.

Mindazonáltal a családi tanács inkább a mellett volt, hogy a tudományos pályán maradjon, minél fogva Ampère Lyonba ment, hogy ott magántanítással keresse kenyerét.

Ez a terhes foglalkozás csak arra való volt, hogy Ampère a tudományból éljen, mert egy másik, amannál még fontosabb hivatásának tartotta, hogy a tudományért is éljen. Hasonló sorsú fiatal emberekkel csakhamar összebarátkozott s rövid idő alatt kicsiny önképző kör keletkezett, mely kora reggel napfölkelte előtt tartotta gyakorlatait. E társaságban Ampère a legnagyobb lelkesedéssel tanulta Lavoisier chemiáját. A chemiában való rendkívüli jártasságának alapját Lyonban, magántanító korában vetette.

Ampère 1799 aug. 2-án nősült meg. Mivel menyasszonyának családja nem adott semmit a polgári törvények által elismert fölesketett papokra, az egyházi szertartás titokban végeztetett el, a mi az Ampère lelkére mély benyomást gyakorolt. Miután 1800-ban fia lett, addigi szerény

jövedelmeiből családját többé fönn nem tarthatta s jövedelmezőbb állomás után kellett látnia. 1801-ben az Ain departement központi iskolájához a fizika tanárává kineveztetvén, ugyanabban az évben Bourg-ba költözködött.

II. Ampère dolgozata a valószínűség elméletéről. - Állomása a politechnikai iskolán mint repetitor, később mint tanár.

Midőn Ampère tanári székét elfoglalta, már több rendbeli eredeti vizsgálatot hajtott volt végre, azonban szerénységből, vagy talán azért, mert dolgozatainak elegendő fontosságot nem tulajdonított, munkáit csak barátai körében mutatta be. Csak 1802-ben lépett a nyilvánosság elé, midőn a *Considérations sur la théorie mathématique du jeu* című munkáját Lyonban kinyomatta. E műben a szerencsejátékok matematikai elméletét új eredményekkel gazdagította.

A valószínűség számítás és a szerencsejátékok elmélete addig, míg a megfejtendő feladatokat pusztán matematikai szempontból tekinti, nem

egyéb, mint a matematikának a kombinációk tanára fektetett alkalmazása. Az alkalmazott tudományoktól elvárjuk, hogy a valóságnak, az életnek mennél inkább megfeleljenek, tehát kell hogy a játékok matematikai elmélete is eleget tegyen a reális élet föltételeinek. E föltételeknek akart Ampère munkája eleget tenni.

Ha két egyénnek bizonyos összeg elnyerésére egyenlő valószínűsége van, akkor matematikai szempontból kell, hogy a két játészó betételei egyenlők legyenek. Tegyük föl azonban, hogy az egyik játészó oly gazdag, hogy a nyereménynyel a már meglevő vagyonát csak nagyon kicsiny mértékben gyarapítaná, a másik játészó pedig oly szegény, hogy már a betétel elvesztésével is egész vagyonát veszítené el, akkor nyilván való, hogy a második játészónak ugyanazon összeg elnyerésére nem szabad annyit koczkáztatnia, mint az elsőnek. De nemcsak a játészó tényleges vagyona, hanem képességei és körülményei szintén nagy befolyással vannak a betétel előleges meghatározására, mert az is nyilván való, hogy ugyanazon

összegnek két különböző egyén kezeiben nagyon is különböző egyéni értéke lehet.

1747-ben Bernoulli Dániel felállította ama szabályokat, melyek segítségével ezek a nem matematikai jellemű föltételek a mennyire-annyira számításba hozhatók, s evvel kimutatta, hogy e föltételek, bár figyelembevételük az eredmények tisztasága és világossága rovására esik, a kalkulus körébe vonhatók.

A feladatok imént jellemzett csoportjába tartozott az a probléma is, melynek megfejtésére Ampère vállalkozott: a moralistáktól régóta hangoztatott azt az elvet, hogy az ex professo játszóknak előbb-utóbb tönkre kell menniök, matematikailag bizonyította be. A következtetések szigorú és világos lánczolatával kimutatta, hogy az az általános szabály, mely szerint a betételeknek a nyérés-valószínűséggel arányosaknak kell lenniök, még akkor is áll, ha a két játészó nem egyenlően vagyonos ugyan, de megegyeztek, hogy csak bizonyos korlátolt számú partikat, s oly kicsinybe

játszanak, hogy egyikük se legyen kitéve annak, hogy összes vagyonát elveszíthesse. Ha azonban a partik száma korlátlan, a vagyonosabb játészó határozott előnyben van, s a másik játészó hátránya rendkívül nagy, ha ellenfele rendkívül gazdag; már pedig az ex professo játészó rendkívül gazdag ellenféllel küzd, mert mindig és mindenkiel játészik, tehát a dolog úgy tekintendő, mint ha csak egy, de rendkívül gazdag egyénnel folytonosan játészának. Az Ampère képletei a moralisták szabályait kétségbevonhatatlanul bebizonyították.

Ampère dolgozata annyira megnyerte Lalande és Delambre tetszését, hogy e híres két matematikus az ifjú tudóst Párisba hívta, hogy a politechnikai iskolán repetitorként működjék. Ampère elfogadta a meghívást s lelkesedéssel s teljes odaadással tett eleget e tisztének; buzgalma még fokozódott, midőn később a híres iskolánál mint tanár a felsőbb analízist adta elő. Hogy buzgalmának nem volt az az általános jó eredménye, melyet kitűnő előadásai után méltán lehetett vol-

na várni, ennek oka csakis Ampère-nek még a régi elszigeteltségében elsajátított s a nagy világ színvonalán nem álló modora volt; a pajkosságra mindig kész hallgatósága között pedig sokan voltak olyanok, kik inkább az előadó modorára, mint az előterjesztett igazságokra fordították figyelmüket. Ampère rövidlátó lévén, aggódott, vajjon a hallgatók a táblára írt betűket meglátják-e; s midőn eziránt a hallgatókhoz kérdéseket intézett, akadtak elegenden, kik oly gyöngén láttak, hogy a betűk folytonos nagyobbítását kérték, úgy hogy végre Ampère oly nagyra írt, hogy már öt betűnél többet alig lett volna képes a táblára írni. Egyszer az előadás hevében megesett rajta, hogy zsebkendője helyett az erősen bekrétázott törülköruhát használta, s ez elég volt arra, hogy némelyek ne az analízis igazságaira figyeljenek, hanem inkább azt lessék, mikor fog a tanár ismét hasonló tévedést elkövetni.

III. Ampère-nek az elektrodinamikára vonatkozó fölfedezései és dolgozatai.



Ampère dicsőségét egy egész tudomány, az elektrodinamika tudománya hirdeti. Az Oersted találmánya alkalmat adott a kiváló férfiúnak, hogy új kísérleteket, új fölfedezéseket tegyen, új elméleteket állítson föl, szóval, hogy a fizika tudományát egy egész új fejezettel gazdagítsa. Az Oersted találmányának termékenysége sehol sem mutatkozott oly nagy mértékben, mint Ampère munkáiban.

Az elektromosság és a mágnesség némely hatásai közötti analógia sok kiváló fizikust időnek előtte alaptalan konjekturákra vezérelt. Ampère nem tartozott ezek közé. Addig, míg az áramnak a mágnességre gyakorolt hatása föl nem találtatott, Ampère megelégedett avval, hogy a mind sűrűbben szaporodó elektromágnességi elméleteket éber és elfogulatlan kritikai figyelemmel kísérje. Ampère a nevezett analógia kimutatására tett kísérleteket és elméleteket oly kevésbé tartotta meggyőzőknek, hogy 1802-ben előadásainak programja a következőképen jeleztetett: "A tanár be fogja bizonyítani, hogy az elektromos és a

mágnesi tűneményeket különböző és egymástól függetlenül ható két folyadék idézi elő."

A párisi akadémia 1820 szept. 11-én ismerkedett meg az Oersted találmányával. Ampère azonnal fölismerte, hogy az áramok és a mágnesesség között szoros összefüggésnek kell lenni, s előre átlátta, hogy ugyanolyan mechanikai kölcsönhatásoknak az áramok között is kell fönnállani. Ampère sietett a gyorsan megfogamzott eszmét kísérleti próbáknak alávetni. Készülékeket szerkesztett, melyekkel az áramok kölcsönhatásait, ha ilyenek egyáltalában vannak, kimutathassa. A kísérletek sikere teljesen megfelelt várakozásainak. Egy hét múlva, szept. 18-án Ampère már egy sokkal általánosabb fölfedezést közölt az akadémiával: Az áramtól átfutott két drót egymást vonzza, ha az áramok ugyanazon irányúak, s egymást taszítja, ha az áramok ellenkező irányúak. Ampère később kimutatta, hogy az egymással nem párhuzamos áramok is kölcsönösen hatnak egymásra; a hatás vonzó, ha mind a két áram ugyanazon pont felé közeledik vagy ugyan-

azon ponttól távolodik; ellenben a hatás taszító, ha az egyik áram bizonyos pont felé közeledik, a másik pedig e ponttól távozik. Ampère csakhamar kigondolta azokat az eszközöket, melyekkel ez alaptünemények kísérletileg szembetünökké tehetők, s a kölcsönhatások természetét alaposan ismervén, azokat bizonyos módon fölfüggesztett záródrótok folytonos forgatásával még föltünőbbé tette.

Az első pillanatra föl kellett tűnnie mindenki előtt, hogy itt a mágnesi hatásoktól független hatásokról van szó, mert Ampère már a legelső kísérleteivel megmutatta, hogy az egymásra ható áramoknak nem kell szükségképen különböző két teleptől származniok, hanem elegendő, ha egy és ugyanaz a záródrót kellőképen összehajlítatik, hogy ugyanaz az áram a mondott vonzó és taszító hatásokat előidézzé.

Ampère-nek ez a rendkívül rövid idő alatt tett fölfedezése vetette alapját a fizika amaz ágának, melyet azóta méltán neveznek elektrodinamiká-

nak. Az alapvetés után már csak az elektrodinamika törvényei valának levezetendők. Mielőtt Ampère-nek idevonatkozó érdemeiről szólnánk, helyén lesz, - mert a dolog történetéhez tartozik, - hogy főlemlítsük az ellenvetéseket, melyeket némelyek az Ampère fényes fölfedezése ellen tettek.

Az első és a legközelebb fekvő ellenvetés abban látszott lenni, hogy az Ampère fölfedezése végtére nem egyéb, mint az az elektromos vonzás- és taszítás-tünemény, mely már régóta ismeretes volt.

Ampère könnyen megczáfolhatta ezt a nézetet: Az egynevű elektromos testek egymást taszítják, holott az ugyanazon irányú áramok egymást vonzzák; a különnevű elektromos testek egymást vonzzák, holott az ellenkező irányú áramokkal az ellenkező történik. Az egynevű elektromosságú testek az érintkezés után azonnal eltaszítják egymást, holott az ugyanazon áramoktól

átfutott drótok, ha egymással érintkeznek, a mágnesek módjára együtt maradnak.

Az ellenvetések másik csoportjának több alapja volt. Ha két test külön-külön valamely harmadik testre hatni képes, akkor az a két test bizonyára egymásra is hat. Mivel pedig a záródrótok egyaránt hatnak a mágnesűre, miért ne hatnának egymásra is? E szerint az áramok kölcsönhatásai az elektromágnesség alaptörvényeiből önként következnek.

Ampère, a helyett hogy találmányának újsága ellen tett utóbbi megjegyzést közvetetlenül megczáfolta volna, fölkérte ellenfeleit, mutatnák meg, mi úton-módon lehetne az Oersted kísérletéből az áramok egymásra gyakorolt vonzó és taszító hatásait levezetni.

Ampère kérelmét senki sem teljesítette ugyan, de az ellenvetést még sokan fentartották. Ekkor eszébe jutott Arago-nak, hogy lehet oly példákat idézni, hol két test külön-külön egy harmadikra hat, a nélkül, hogy egymásra hatnának. "Itt van

két lágyvas-kulcs, mondá Arago, mind a kettő vonzza ezt a mágnestűt: ha önök nem bizonyítják be, hogy e két kulcs egymásra kölcsönösen hat, akkor az önök ellenvetéseinek kiinduló pontja helytelen."

Ennek a fölszólításnak megvolt a maga hatása; Ampère a prioritási vitán szerencsésen túlesett, s most már egész hévvel hozzáfoghatott a kitűzött feladat megfejtéséhez, az elektrodinamikai tünetmények matematikai szigorú és biztos alapelvekre fektetett elméletének felállításához.

E feladat megfejtése rendkívüli nehézségekkel volt összekötve, de Ampère az eléje gördülő akadályokat, egyiket a másik után, diadalmasan legyőzte. Munkája a természettudományi módszernek egyik legszebb mintája; Ampère fényes példával megmutatta, hogy miként lehet a tünetmények végnélkülinek látszó komplikációjából az egyszerű törvényeket, melyeknek ama tünetmények hódolnak, biztosan és szigorúan levezetni.

Ampère mindenekelőtt a kellő kísérleti tények birtokába akart jutni. Meg akarta tudni, mily törvények szerint hatnak bizonyos irányú és egymástól bizonyos távolságban levő elektromos áramok végtelenül kicsiny részei, hogy aztán a matematika segítségével bármilyen áramok kölcsönhatásait levezethesse; más szóval, le akarta vezetni az elektrodinamikai alaptörvényt.

A lengés-módszer, melyet Coulomb nagy sikerrel használt a statikai elektromosság és a mágnesség törvényeinek bebizonyítására, itt mit sem segíthetett. Nem elvi, hanem technikai nehézségek gördítettek e kitűnő módszer alkalmazása elé legyőzhetetlen akadályokat. Azonban Ampère megtalálta a dolog nyitját: a dinamikai módszert félre téve, a statikai módszerhez folyamodott. Nem a mozgás, hanem az egyensúly föltételei valának őt a dolog természetéről fölvilágosítandók; megkereste, hogy bizonyos alakú s egymás közelében levő vezető drótok mily módon jönnek egyensúlyba.

Ampère az egyensúlynak négyféle állapotát vetette tüzetes vizsgálat alá. Mindegyik esetben a drótoknak oly alakot adott, hogy az egyensúly módjából - s ez volt a fődolog - ép oly szigorú, mint egyszerű kísérleti törvény következett.

Első kísérlete abban állott, hogy az elszigetelt drótot úgy görbítette meg, hogy a két része egymásmellett feküdt, tehát egy vonal mentén ellenkező irányú két áram haladt. Ez a drót-rendszer a legérzékenyebb módon fölfüggesztett drótra sem gyakorolt befolyást, jeléül annak, hogy az áram irányának ellenkezővé változtatásával a vonzó erő épen akkora taszító erővé válik.

Második kísérletében egy igen könnyen mozgatható drótot másik két drót közé függesztett föl. Ez utóbbi drótokon az áram ugyanabban az irányban keringett, tehát a középső drótot mind a kettő taszította. Azonban az egyik drót egyenes volt, a másik pedig kigyózdó vonalban volt összehajlítva. Ha a két drót közül az egyik erősebben taszította volna a középső drótot, mint a má-



sik, akkor a középső drótnak a szélsők egyike felé el kellett volna mozdulnia, a mi azonban nem történt meg. Evvel be volt bizonyítva, hogy egy egyenes és egy kigyózdó (sinusos) áram egyenlő hatásokat gyakorol.

Ampère a harmadik kísérletével kimutatta, hogy valamely tetszésszerű zárt áram nem képes valamely körszerű áram egyik ívét ezen ív síkjára függélyes és a középpontján átmenő tengely körül forgatni. Végre a negyedik kísérletben fölkereste három körszerű áramnak egyensúlyát avval a föltétellel, hogy a három kör középpontjai egy egyenes vonalban feküdjenek, sugaraik pedig mértani sor szerint növekedjenek. Ez a kísérleti anyag elegendő volt, hogy Ampère vele az elektrodinamikai alaptörvényt levezesse. Eljárása főbb vonásaiban a következő volt.

Ampère föltette, hogy az áramok igen kicsiny részének vonzása vagy taszítása arányos az ezen áram-elemeken az időegységben átfolyó elektromosságokkal vagyis az áramok intenzitásával, és

fordított viszonyban van a középpontjaikat összekötő vonal hosszúságának valamely egész számú hatványával. Ezt a két föltevést először arra a két egyszerű esetre alkalmazta, midőn az elemek párhuzamosak és midőn az elemek az összekötő vonal irányába esnek, ezután megmutatta, hogy miként lehet két tetszésszerű irányú elem kölcsönhatását az előbbeni két egyszerű esetre visszavezetni. Az eredményül kapott általános képletben két határozatlan állandó maradt, az egyik az arányosság tényezője, a másik pedig az egész szám, melylyel az elemek középpontjainak távolságát hatványozni kell. A négy alapkísérlet segítségével ez állandókat meghatározta s evvel az elektrodinamikai általános képlet le volt vezetve.

E képlet taglalásából kiderült, hogy két áramelem a középpontjaikat összekötő egyenes vonal irányában hat; hogy e hatás nagysága függ az elemek egymáshoz való hajlásától és fordított viszonyban van a távolság négyzetével.

Ampère tehát kimutatta, hogy ugyanaz a törvény, mely az égitestek mozgását kormányozza, melynek a statikai elektromosságnak és a mágnességnek vonzás- és taszítás-tünetményei hódolnak, a dinamikai elektromosságnak is az alaptörvénye.

Coulomb a statikai elektromosságnak, Ampère pedig a dinamikai elektromosságnak a Newtonja.

Ampère elektrodinamikai alaptörvénye két megjegyzés alá esik. Először is, a törvény csak az áramok elemeire vonatkozik, másodszor pedig a levezetés természeténél fogva nem tünteti föl az áramok hatásai és az áramok dinamikai természeté közötti kapcsolatot.

A mi az első megjegyzést illeti, annak kritikai éle nincs, mert a törvény általános és alapvető jelleme épen abban rejlik, hogy a véges áramok hatásainak bármely esetében, kiinduló pontúl vehető. A véges és tetszés szerinti alakú áramok összes hatásainak levezetése pusztán csak felsőbb analitikai feladat; Ampère nem mulasztotta

el, hogy az alaptörvény alkalmazásait a legfontosabb esetekre ki ne terjeszsze s ezáltal újabb fontos fölfedezések útját megnyissa, mint erről alább még szólni fogunk.

A második megjegyzés már a levezetés lényegét illeti: Ampère bizonyos egyensúlyi helyzeteket állított elő, mely helyzetekben a működő erők egyensúlyt tartván, a mozgékony vezetők nyugalomban maradnak. Ampère elméssége, melylyel az egyensúly-helyzetekből az egyensúly föltételeit és ezekből ismét az alaptörvényt levezette, bámulatra méltó. Mindazonáltal nem mondhatni, hogy az Ampère-féle kísérleti alap elegendő szilárd, mert Ampère arra fekteti levezetéseit, hogy bizonyos esetekben mozgás nem jó létre, már pedig minden mozgásnál bizonyos akadályokat kell legyőzni, minélfogva a mozgás megszűnéséből, bármily gondosan törekszünk is arra, hogy a mozgás-akadályokat mellőzzük, még nem következtethetjük, hogy a mozgató erők csakugyan egyensúlyban vannak, hanem csak azt mondhat-

juk, hogy az erők nem képesek a mozgás akadályait legyőzni.

Szükséges tehát, hogy az elektrodinamikai erők közvetetlenül méressenek, azaz mechanikai erőkkel összehasonlíttassanak. Mintegy húsz évvel az Ampère dolgozata után Wilhelm Weber azon volt, hogy az Ampère alaptörvényét ily szempontból igazolja. Weber az elektrodinamikai erőket pontosan mérhető mechanikai erőkkel állította szembe s az egyensúlyt ily módon hozta létre. Weber eljárása mindamellett hogy Ampère-étől tetemesen eltért, oly eredményekre vezetett, melyek Ampère alaptörvényének helyességét fényesen igazolták.

Azonban még az újabb kísérleti bizonyíték után is fönmaradt az az ellenvetés, hogy az Ampère alaptörvénye elvégre is csak tapasztalati képlet, mely az áram dinamikai természetét vagyis a vezetőkben áramló elektromosságok vonzó és taszító közvetetlen hatásait figyelembe nem veszi, hanem az áramot, a tapasztalásnak

megfelelőleg, csak az előidézett hatások okának tekinti. Ampère nem vezetett le egy általános elektromos alaptörvényt, mely az áramban keringő elektromosságok kölcsönhatásaiból indul ki, mely tehát az elektrodinamikai vonzásokat és taszításokat külön esetként magában foglalná.

E feladat megfejtésére ismét Wilhelm Weber vállalkozott s oly alaptörvényt vezetett le, mely az Ampère-ét is magában foglalja. Mindazonáltal a feladat megfejtettnek még most sem tekinthető, mert Weber föltevésai között olyanok is vannak, melyek a mechanika általános alapelveivel ellenkeznek. Igaz ugyan, hogy ez az ellenkezés oly természetű, hogy korántsem szól a Weber föltevéseinek tarthatatlansága ellen, sőt úgy látszik, mintha a Weber elmélete általánosabb mechanikai elveknek az elektromosság révén jogosultságot szerezne, csak hogy az elektromosság oly ható, melynek lényegét sokkal kevésbé ismerjük, sem hogy az elektrodinamika elveit általános mechanikai szempontból értékesíthetnők.

Térjünk vissza az Ampère vizsgálataihoz. Az alaptörvény birtokában lévén, annak alkalmazásaihoz fogott. Először is egy egyenes vonalú áramnak, irányára merőleges síkokban fekvő, köralakú, zárt áramokra gyakorolt hatását kereste. A számítás eredményéből az tűnt ki, hogy a köráramok síkjai, ha ezek mozgékonyaknak tételeztetnek föl, elvégre az egyenes vonalú árammal párhuzamosan helyezkednek el. Ampère a számítás eredményét, a mennyire az elméletben kikötött föltételeket megvalósíthatta, kísérletnek vetette alá; a kísérleti eredmény az elméletivel teljesen megegyezett.

Ampère-nek ez az újabb fölfedezése egyszerre világosságot vetett ama tünemények okaira, melyeknek magyarázatára Oersted két évszázad mögé nyúlt, hogy egy híres filozófusnak divatból rég kiment eszméit fölelevenítse. Tegyük föl, hogy valamely mágnesű egész hosszában a tengelyére függélyes síkokban zárt köráramok keringenek, ekkor, ha a tű mellett egy, a tengellyel párhuzamos áramot vezetünk, Ampère fölfe-

dezése szerint a tű áramai ez utóbbi árammal párhuzamosan helyezkednek el, tehát a tű tengelye az áram irányára függélyessé válik, s a tűnek az emeltyű törvényeivel oly szembetűnőleg ellenkező kitérése természetes és Ampère fölfedezéséből szükségképen következő ténynyé válik.

Ez volt az a nagy eszme, melyet Ampère-ben számításainak eredménye keltett. A mágnes nem egyéb, mint bizonyos köráramok rendszere; mágnesezni annyit tesz, mint az aczél molekulái körül keringő áramokat előidézni: ez volt az a rész, de reális alapon nyugvó hipothézis, mely kiszorítandó vala mindazokat a hipothéziseket, melyeket a fizikusok régi idők óta a mágnesség mivoltáról és a mágnesség és az elektromosság analógiájáról alkottak.

Ampère nagyszerű koncepczióját mindennek előtt kísérleti úton szilárd alapra akarta fektetni. Mivel a körfolyamok egész rendszerét olyformán előállítani, mint ezt a hipothézis megkívánja,



majdnem lehetetlen, Ampère a körfolyamok rendszerét utánozta; azaz egy elszigetelt drótot csavarszerűleg szorosan összehajtott, s az egészet mozgékonyan fölfüggesztette. Midőn Ampère e készüléken, melyet szolenoidnak nevezett, áramot vezetett át, az a mágneséhez teljesen hasonló hatásokat mutatott.

Ez a hasonlóság Ampère-t nézeteiben még inkább megerősítette s felbátorította, hogy következtetése szálait még továbbfűzze. Legközelebbi törekvése az volt, hogy számítás által is megmutassa, miszerint a szolenoidok eleget tesznek mindazoknak a törvényeknek, melyeket a mágnesek hatásairól addig ismertek. Ampère fáradságát siker koronázta; avval a föltevéssel, hogy a vas molekulái körül köráramok keringenek, levette a Coulomb törvényeit, s a Biot és Savart kísérleti törvényeit, melyek valamely áramnak a mágnesűre gyakorolt hatásait fejezik ki.

E meglepő eredmények többé nem hagytak fenn semmi kétséget a mágnesek hipothézises

szerkezezte iránt. S mégsem mondhatjuk, hogy az Ampère hipotézise, a régi, a kétfolyadékos hipotézist kiszorította volna. Valóban, a kétféle mágnesi folyadék a tüneteményekről, mindaddig, míg csakis a mágnesek kölcsönhatásairól van szó, szigorú számot ad, s mivel a fizikai tan- és kézikönyvek legnagyobb része az ősi szokásnak hódolva módszertani szempontból a mágnességet az elektromosságtól különválasztva, még pedig az utóbbi előtt tárgyalják, valószínű, hogy a két folyadék hipotézise még sokáig forgalomban fog maradni. Ha azonban a mágnesek és áramok kölcsönhatásairól, vagy az áramok egymásra gyakorolt hatásairól van szó, akkor a kétfolyadékos hipotézis tehetetlenné válik, holott az Ampère hipotézise e kölcsönhatások mind a három csoportját egyenlő könnyűséggel magyarázza s mind a három csoportot kapcsolatba hozza.

Ampère hipotézisének egyszerűsége és termékenysége legfényesebben a földmágnesség hatásaiban nyilatkozott. A fizikusoknak összhangzó véleménye a Földet már Gilbert óta nagy

mágnesnek tekintette. A Földnek tehát a mágnesek módjára kell az áramokra hatni. Azonban az Ampère elektrodinamikai fölfedezései nélkül még mai napig is várhatnók az efféle hatások nyilvánulásait, s lehetséges, hogy még jelenleg is élénk vita tárgyát képezné, vajjon hat-e a Föld az áramokra vagy sem. Ampère fölfedezései a vitának elejét vették, az ő szolenoidjai épen úgy helyezkedtek el a mágnesi délkörbe, mint a közönséges aczélmágnesek. "Newton, Halley, Dufay, Aepinus, Franklin és Coulomb mit szóltak volna ahhoz, ha valaki azt mondomta volna nekik, hogy megjön az ideje, mikor a hajósok az elektromos áramot, az elektromos drótokat észlelvén, mágnesűk hiányában is eligazodhatnak?"

A szolenoidok és a mágnesek azonos hatásai után mi sem gátol abban, hogy magát a Földet is szolenoidnak tekintsük. E nagy szolenoidban az áramok a Föld forgásával ellenkezőleg keletről nyugat felé keringenek s a földmágnesség helyét a földelektromosság foglalja el. Ez a helycsere, igaz, hogy még nem fejtette meg a földmágnes-

ség problémáját, de kétséget nem szenved, hogy a megoldást, ha ez egyáltalában lehetővé válik, rendkívül meg fogja könnyíteni.

Ha végigtekintünk az Ampère-től kivívott fényes eredményeken, lehetetlen, hogy vissza ne emlékezzünk Oersted-re. A dán fizikus alapvető észlelete volt az, mely e szép eredményeket, melyekre az emberi szellem mindenha büszke lehet, közvetve létre hozta.

Oersted és Ampère kortársak valának. Mind a ketten szerény körülmények között nevelkedtek, mind a ketten önerejükből vetették tudásuk alapját. Lelkületük költőisége, filozófiai eszméik rokonsága akkor is szellemi rokonokká tette volna őket, ha mindketten nem működtek volna közre, hogy az emberi tudásnak egy új ágát megteremtsek. Az elektromágnesség Oersted nélkül nem létezett volna, Ampère nélkül pedig csak egy magános, nagyon különösnek látszó kísérlet maradt volna. Az Oersted és Ampère együttes eredményei valának csak képesek egy oly tudományt te-

remteni, mely csodálatra méltó alkalmazásaival az emberi társadalomra a leghathatósabb befo-lyással volt.

Az elektromos telegrafia az elektromágnesség-nek kétségen kívül legfontosabb alkalmazása; történetét ott lehetne kezdeni, a hol az elektro-mos vezetők és nem vezetők közötti különbség fölismeréséről van szó. Mindazonáltal az elektro-mosságnak illetén felhasználásáról csak a lipcsei Winkler-nek (1746) terveit lehet mint a legrégi-ebbeket fölemlíteni. Az eszme hosszú időn át fe-ledékenységre borult s a genfi Lesage (1774), Lamond (1787), Reisser (1794), Salva (1798) és Sömmering (1808) - mely utóbbinak ajánlatát I. Napoleon mint egy németnek hóbortos eszméjét visszaútasítá - mindannyian csak a statikai elekt-romosság által előidézhető hatásokat tartották szem előtt. Az elektromos gépek és az elektro-mos szikra megbízhatatlan funkciója csakhamar meggyőzte azokat, kik a tervvel komolyan fog-lalkoztak, a kivitel és a szabályszerű közlekedés rendkívüli nehézségeiről.

Az elektromágnesség hivatva volt az addig fönnálló akadályokat egyszerre legyőzni. Hiú erőlködés volna az elektromos telegrafiának, vagy még inkább a telegrafiának általában, a feltalálóját feltalálni akarni. Mégis, mivel az Ampère érdemeit a legtisztább színben akarjuk előtűntetni, nem hallgathatjuk el, hogy az elektrodinamika megalapítója 1832-ben a Collège de France-on tartott előadásai alkalmával arról is szólt, miként lehetne egy tetszés szerint zárható és nyitható áramnak a mágnesűre gyakorolt hatásait a telegrafiára felhasználni; fölemlítette, hogy lehetséges volna a tű eltérései számából és irányából rendszeres alfabétumot kombinálni, s ez eltérések egymásutániságából szavakat, mondatokat összeállítani.

Ampère barátai körében gyakran fölvetette ezt az eszméjét, sőt élénk képzelete számba vette az áram kémiai hatásait is; gyakran szólt oly telegráfról, melyben a jeleket az oxigén és hidrogén fejlődése adná. Az elektromos telegráf esz-

méje Ampère-ben megfogamzott, még csak a gyakorlati kivitel hiányzott.

A kivitel, melyet a lágyvasnak Arago feltalálta pillanatnyi mágnesezése, s a Faraday feltalálta indukció rendkívül megkönnyítettek, már csak idő kérdése volt. Steinheil (1836), Gauss és Weber (1836), Jacquin Schilling von Cannstadt és Ettingshausen (1837), Wheatstone és Morse fázisai megtermették a gyümölcsöket, melyeket az elektromágnesség tudománya az emberiség javára termelendő vala.

Ampère-nek az elektromágnességre vonatkozó munkái, mint könnyen érthető, nagy föltűnést keltettek. Ha a híres fizikust az irigyek és érdekeinek kisebbitői talán bántották is, másrésről megvolt az az elégtétele, hogy nagy és nehéz munkájában kiváló matematikusok, mint Savary, Liouville és Duhamel, baráti előzékenységgel hathatósan támogatták.

IV. Ampère matematikai munkái. - Tudományos egyénisége.

Ampère, mint említettük, tudományos pályafutását egy matematikai értekezéssel, a játékok elméletéről, kezdette meg. Ez a dolgozata megnyitotta előtte a politechnikai iskolát, s barátai méltán elvárhatták, hogy a szép kezdet után a jeles értekezések egész sora fog következni. Mindazonáltal a játékok elméletéről írt értekezés nem volt e kiváló szellem első szárnypróbálgatása; Ampère matematikai első kísérlete sokkal régebb keletű. Már 1788-ban, tehát 13 éves korában a lyoni akadémiának beküldött egy dolgozatot, melyben a kör négyszögesítését tárgyalta. Kevés idő múlva ugyanavval az akadémiával egy hasonló tárgyú értekezést közölt; ez utóbbiban a félkörnél kisebb, de máskülönben tetszésszerű körív kiegyenesítésével foglalkozott. Persze, a dolgozatok egyike sem sikerült, de Ampère-nek ez első törekvései is nyilván elárulták a kiváló férfiú szellemi irányzatát; nehéz, meg nem fejthetőknek látszó feladatok tárgyalása mindenkor különös ingerrel voltak Ampère bűvárkodó szellemére.



Alig szükséges megjegyeznünk, hogy Ampère a későbbi éveiben felhagyott az ily terméketlen kísérletekkel. Ampère a matematikának arra a terére lépett, melyen az emberi tudás a Newton és Leibniz alapvető munkái óta a legszebb eredményekkel gazdagodott. Mindamellett az elemi geometria művelését sem tartotta fényes tehetségeinek meg nem felelő foglalkozásnak. Már 1801-ben közölte a lyoni akadémiával azt az értekezését, melyben a részarányos poliéderek térfogati egyenlőségét, ezt az axiómának látszó tétele szigorúan bebizonyította. E munka után az analitikai értekezések hosszú sora következett; az Ampère földolgozta tárgyak a matematika és a mechanika legkényesebb kérdéseire új világosságot valának derítendő, minélfogva a párisi akadémia kapui csakhamar megnyitak az ifjú tudós előtt (a Lagrange halála után 1813-ban). Feladatunk körén kívül esik, hogy Ampère matematikai dolgozatait tüzetesen ismertessük; legyen elég, ha fölemlítjük, hogy e dolgozatok a differenciális kalkulus elveire, a részletes differen-

cialis egyenletek integrációjára, a simuló görbékre, a derivált függvények elméletére, a Taylor sorának egy új bebizonyítására, stb. vonatkoznak. A variáció-számítás általános képletei Ampère-t egy híres feladatnak, a láncvonal elméletének bővebb kifejtésére vezették. A láncvonal elmélete, melylyel már Galilei foglalkozott, a Bernoulli Jakab és János, Leibniz és Huyghens vizsgálataival már kimerítettnek látszott, midőn Ampère az új elvek alkalmazásával a vonal igen nevezetes s addig ismeretlen tulajdonságait vezette le. Az elméleti mechanika és fizika még több kiváló vizsgálatot köszönhet Ampère-nek; ilyenek a virtuális sebességek elvének bebizonyítása; Mariotte törvényének bebizonyítása; egy új elmélet felállítása, mely elméletből a rendes és rendkívüli sugártörés törvényei következnek; a fényhullámok fölületének meghatározása oly közegben, melynek a három dimenzió szerint különböző rugalmassága van.

Ampère ifjúkori első tanulmányai, különösen pedig az enciklopédia olvasásával majd az

egyik, majd a másik tudományos irányba tereltetett, s bár az exakt tudományok művelését mindenkor élete főfeladatának tartotta, az emberi ismeretek mindegyik ágában talált olyas valamit, ami reá különös vonzalmat gyakorolt. Nem fog tehát meglepni bennünket, ha azt látjuk, hogy az a férfiú, ki fizikai tudásunkat az ismeretek egész halmazával gyarapította, a legnagyobb hévvel és odaadással foglalkozik a filozófiának és a szerves világ törvényeinek legmagasabb kérdéseivel.

Ampère tudományos környezete nagyon alkalmas volt arra, hogy szellemi tevékenységének minden irányban táplálékot és biztatást nyújtson. Párisban nemcsak az exakt tudományok művelőit, hanem az irodalom és filozófia férfiait is az Ampère társaságában találjuk. Az élénk diskusziók, melyeket Maine de Biran, Cabanis, Destutt de Tracy és más kiváló férfiakkal váltott, mindig ébren tartották benne azokat a pszichológiai és metafizikai eszméket, melyek benne egyszer még megfogamzottak. Az a körülmény, hogy az akkori matematikusok, fizikusok és

chemikusok a tisztán pszichológiai és metafizikai vizsgálatokra nem sokat adtak, legkevésbé sem ingatta meg kedvelt eszméinek tovább fűzésében. Ampère már azon volt, hogy elmélkedései gyümölcseit filozófiai önálló művekben közzétegye; Bevezetés a filozófiába, A létezés elmélete, A szubjektívumok és az objektívumok ismeretéről és az abszolút moralitásról című műveinek nemcsak tervét, hanem egyes részleteit is kidolgozta, azonban egy váratlan körülmény tervei kivitelét megakadályozta. Ugyanis Ampère nem érezvén magában elegendő erőt, hogy e sokoldalú és nehéz témákat kellőképpen kidolgozza, azokat először élénk diskussziók alá akarta vetni. Azonban Maine de Biran Párisból elutazott, többi ismerősei pedig az általa fölvetett kérdések iránt sokkal csekélyebb érdeklődést tanúsítottak, semhogy Ampère-nek a dolgok alapos megvitatására kilátása lehetett volna. Ampère ekkor elhatározta, hogy a szellemi vitát lyoni barátai körébe teszi át. Azonban a várt részvétel itt is elmaradt: s mindamellett hogy intim körben kijelentette, mi-

szerint hivatva érzi magát, hogy a pszichológia alapjait minden időkre megvesse, lyoni barátai pszichológiáját egy kissé körülményesnek és száraznak találták, s kérték őt, térne inkább vissza az exakt tudományokhoz! Hogy mily erős gyökereket vertek benne filozófiai nézetei, s hogy mily nagy súlyt fektetett azokra, legjobban kitűnik barátai tanácsára adott következő feleletéből: "Hogyan hagyjak el egy virágokkal és csörgő vizekkel telt tartományt, hogyan cseréljem föl a patakokat és ligeteket a sivatagokkal, melyeket a matematikai nap sugarai pörkölnek, mely sugarak a tárgyakra a legélénkebb fényt vetvén, azokat elhervasztják és tövig kiszárítják! ... Mennyivel többet ér a lengő árnyak alatt bolyongani, mint egy egyenes út hosszában menni, mely úton a szem mindent áttekint, melyen semmi sem szalad el előlünk, hogy bennünket üldözésére biztasson!"

Ampère-nek ezen véleményében barátai közül senki sem osztozott. Végére is egyedül és elvtársak nélkül látta magát azon a téren, melyen ma-

thematikai érdemeivel legalább is egyenlőrangú eredményeket vélt elérhetni. Ampère ismét visszatért a tények világába, régi nézeteit vagy újabakkal cserélte föl, vagy pedig egészen elhagyta.

Ampère-t, ki már ifjúságában szenvedélyesen foglalkozott a botanikával, a szerves világ életjelenségei mindenkor kiválóan érdekelték. Alkalmilag megesett, hogy az e tárgyra vonatkozó elmélkedéseit metafizikai kedvelt eszméivel hozta kapcsolatba. Így például erősen védelmezte azt a peripatétikus felfogást, mely szerint az állatoknak az érzékenységen és az emlékezőtehetségen kívül egyéb funkciók nem tulajdonítandók, s hogy a többi életműködésüket egyedül az ösztön irányozza. Később ezt a nézetét megváltoztatta s az állatok összeségének is minden lehető szellemi tehetséget tulajdonított, még pedig minden lehető mértékben.

Midőn Cuvier és Geoffroy Saint-Hilaire között megindult az a híres vita, mely a szerves lények szerkezetének egységét vala eldöntendő, a ma-

thematikusok közül csakis egyedül Ampère-nek volt tehetsége és bátorsága a vitába elegyedni. Cuvier előadásait a Collège de France-on tartotta, Ampère is a hallgatók között ült. Cuvier élénken kikelt a német természetfilozófusok ama nézete ellen, mely az állatoknak szervezeti egységet tulajdonított, s mivel Ampère az előadás folyamában vagy az előadás után nem tehetett megjegyzéseket, ellenvetéseit a saját előadásai végén tette meg. Cuvier öcsce, ki az Ampère előadásain jelen volt, Ampère érveléseit bátyjával közölte, s az utóbbi nem mulasztotta el, hogy a következő héten ellenfele támadásait vissza ne torolja. Ampère meg volt győződve Cuvier rendkívüli tudományáról és tekintélyéről, s ha a harczot mindamellett újra meg újra fölvette, csak is szorgalmas tanulmányain alapuló tudományos meggyőződésének akart érvényt szerezni. 1814-ben kiadta (névtelenül) az állatok szervezetének elméletét. E művével, ha kitűzött célját, azaz a vitás kérdés eldöntését a maga javára, nem érte is

el, anatómiai és természetrajzi ismereteinek éke-  
sen szóló bizonyítékát adta.

Ampère élete utolsó éveiben oly munkára vállalkozott, melynek sikeres befejezése sokoldalú ismereteinek módszeres képét lett volna előtűntetendő: az összes tudományok osztályozását kísérlette meg. Ez is oly feladat volt, melynek megfejtésére mind az ókor mind pedig az ujkor nem egy filozófusa vállalkozott. Ampère egészen tisztában volt avval a haszonnal, melyet a kérdés sikeres megoldása az oktatásra, a tudományok methodikai tárgyalására, encziklopédiák szerkesztésére, könyvtárak rendezésére stb. nézve eredményezett volna. A régiebbek kísérletei a felosztási alapelvek czélszerűtlen megállapítása által oly eredményeket szültek, melyek szerint már az első pillanatra is heterogéneknek látszó elemek egy és ugyanazon csoportba szorítottak volna. Már pedig senki sem fogja a tudományok érdekében fekvő dolognak tartani, hogy valamely előre megállapított alapelv kedvéért egymás mellé helyezzen oly dolgokat, melyek az alapelv értelmé-



ben egy csoportba tartoznak ugyan, de, már csak külső jellegük miatt is, természetyszerűleg ellenállanak az összefoglalásnak; vagy pedig, hogy elmentétbe állítson oly dolgokat, melyek természetük szerint együvé tartoznak. Ezt a hibát akarta Ampère kikerülni.

Ampère fölosztási rendszerének nincs szubjektív alapja; a csoportokat nem az intellektuális képességek szerint rendezte, hanem objektív szempontból két országot vett föl, a világ tudományának országát, vagyis a kozmológiát és az ontológiát. A kozmológiai tudományok ismét két mellékországra, a lélektelen és a lelkes objektumokat tárgyaló tudományokra oszlanak. Mindegyik mellékország ismét két ágra, mindegyik ág ismét két csoportra oszlik, s Ampère ezt a ketté osztást a már többé nem osztható határokig folytatván, összesen százhuszonnyolcz tudományt származtatott le. Azonban a szép terv dugába dőlt, mert Ampère nem talált százhuszonnyolcz olyan tudományt, melyek határait eléggé élesen körvonalozhatta volna. Avval, hogy az addig egységesek-

nek meghagyott tudományokból fejezeteik szerint külön tudományokat alkotott, a dolgon mit sem segíthetett, mert az új nevek, melyekkel régóta ismeretes dolgokat jelölt meg, már értelmük-nél fogva is inkább a helyes fölfogástól való eltérést mozdították volna elő. Különben is, mindezeket nem tekintve, az Ampère rendszere a tudományos módszernek nem hasznára, hanem csakis kárára lett volna, ha ugyan valaki megkísérlette volna, hogy e rendszert valamely tudomány módszerének alapjául elfogadja.

Ampère nemcsak a tudományok általános osztályozását, hanem a természettudományok egyes ágainak különös osztályozását is megkísérlette. Mindamellett, hogy Ampère-nek a saját rendszere elvei szerint teljesen igaza volt, a természettudósok egyike sem volt hajlandó a tudományok régi beosztását az újjal fölcserélni.

V. Ampère jelleme. - Halála.

A nagy közönség egy része mindig hajlandó arra, hogy az exakt, nevezetesen a matematikai

tudományok művelőit a szó olyan értelmében vett tudósoknak tekintse, mint a kik szellemi életének folyását a kalkulus rideg törvényein kívül az érzelmek és a kedély világába tartozó egyéb motívumok nem irányozzák. Ez a téves felfogás nem a megítéltek egyéni jellemére van alapítva, hanem inkább az ítélők egyoldalú, mondhatnók félszeg, fölfogásából ered. A kik nem röstellik a fáradságot, hogy a matematikai tudományok kiváló művelőinek élettörténetébe bepillantsanak, számtalan esetből bizonyára azt a meggyőződést meríthetik, hogy az exakt tudományok művelése sohasem zárja ki a gyöngéd érzelmek ápolását.

Ampère költői lelkülete a mondottakról világosan tanúskodik. Az elektrodinamika megalapítója már kora ifjúságában szomorújátékot írt Hannibal haláláról, s midőn már Bourgban a fizika tanításával foglalkozott, tudományos buzgalmat nem akadályozta meg, hogy költői kompozíciókkal foglalkozzék; versei érzelmekben oly gazdagok s oly bájosak, hogy Arago érdemeseknek találta azokat arra, hogy velök a

szerzőjük fölötti akadémiai emlékbeszédet ékesítse.

Ampère költői hangulata mellett megőrizte még mindazokat a tulajdonságokat, melyeket nevelése és ifjúsága külső körülményei által már kora ifjúságában fölvelt. A párisi légkör, a tudomány első rangú művelőivel való gyakori és élénk érintkezés szokásain és modorán nagyon keveset változtatott. Némelyek hajlandók voltak arra, hogy Ampère-nek előadásában vagy társas érintkezéseiben tanusított modorosságát magános és elzárkózott nevelésének tulajdonítsák. Azonban kiváló férfiak jellemző szokásaiból a magános vagy nyilvános nevelés befolyásaira következtetni nagyon bajos volna; lehetne idéznünk számos tudóst és művészt, kik tudományos vagy művészies foglalkozásuk közepette vagy testi magatartásukban vagy különködőknek látszó egyéb szokásaikban sokkal feltűnőbb viseletet tanusítottak mint Ampère, a nélkül, hogy ifjú korukat az ifjúság köréből kizárva töltötték volna.

Ampère egyik különös sajátága az állati mágnességbe vetett hite volt. "Gyöngé látása, testi ügyesség hiánya, nagy őszintesége nem tették alkalmassá arra, hogy fölismerje azokat a cseleket és fortélyokat, melyeknek a mágnesség ezt a nemét a szemfényvesztők mesterségeül kellett föltüntetni." Ha figyelembe vesszük, hogy a régi időkben épen úgy mint az újabbakban, sőt a jelenkorban is, egészen tiszteletre méltó egyéniségek, kiknek tudományos komolyságát senki sem vonhatja kétségbe, az állati mágnességben elég realitást találnak arra nézve, hogy az idetartozóknak mondott tüneteményeket a szemfényvesztés alacsony kategóriájából tudományos kérdés méltóságára emeljék, akkor Ampère tudományos jellemének e sajátos vonását bizonyára senki sem fogja kárhozni. Az élettani újabb vizsgálatok kiderítették, hogy ama sajátos hatások, melyeket az állati mágnességnek tulajdonítanak, bár a mágnességhez semmi közük nincs, eléggé nevezetesen, hogy a legkomolyabb bűvárok figyelmét magukra vonják.

Ampère szokásai és sajátosságai talán kevésbbé tűntek volna föl, ha ez a kiváló férfiú fölfedezéseinek újságával és rendkívüli jelentőségével a közfigyelmet amúgy is magára nem vonta volna. Akadnak mindig olyan emberek, kik nem lévén képesek a tudományos koncepcziók magaslatára emelkedni, figyelmüket első sorban nem a dolgok érdemére, hanem holmi aprólékosságokra fordítják. Így eshetett meg, hogy Ampère-t az efféle megfigyelők különös színben tudták föltüntetni. Ha Ampère társaságból haza menve, a saját kalapja helyett egy papnak háromszögletes kalapját vitte el, vagy ha hasonló, de fokozott szórakozottságból ebéd alkalmával azt hitte, hogy otthon van s nemcsak az ételeket becsmérelte, hanem nővérét is megróttá, a miért olyan ügyetlen szakácsnékat tart: ez elegendő volt, hogy némelyek Ampère szórakozottságát hallatlannak tüntessék föl.

Ampère nemcsak szórakozottságáról volt híres, hanem még hiszékenységéről is. A politikai és a szellemi világnak a fölcsigázott képzelet

szülte eseményeit egyaránt elhitte. Pedig nála a hiszékenységet az értelem hiányának ép oly kevéssé lehetett tulajdonítani, mint a szellemi renyhességnek, mely a dolgok valódi mibenlétének kifürkészését röstelli. Ampère hiszékenységének valódi oka a közömbösségnél egyéb nem lehetett; szellemének folytonos elfoglaltsága közben nem sokat törődött a vele közölt események lehetőségével, bár a politikai események folyása kedélyére rendkívüli hatással volt.

Ampère-nek gyakran meggyűlt a baja a vallásos kételkedésekkel. Nevelése, mely vallásos szigorú elvekre volt fektetve, állandó nyomokat hagyott lelkében, s midőn a tudományok magaslatára emelkedve, a világ sorát nem látta olyannak, a minőnek a szent írók előadásai szerint lennie kellene, a vallásos kétségek gyötrelmeit ki nem kerülhette. Mennyire félt attól, hogy kételkedései a vallásos iránytól nagyon messzire terelik, kitűnik a következő esetből.

Bourg-i tanár korában Ampère egy munkát írt a chemia jövőjéről. Míg a munka készült, a vallásos kétségek nem bántották, de a mint sajtó alá akarta adni, egyszerre rejtélyes fölhevülésbe jött; vétkesnek hitte magát, mert elég bátor volt levonni a leplet oly dolgokról, melyeket pozitív eredményekként fölmutatni csak a jövő századok vannak hivatva; munkáját ördögi sugalmazásnak tekintette s tűzbe vetette. Ampère e tettét később, a vallási kétségek kevésbbé gyötrő pillanatában, nagyon is megbánta.

Ampère-t a politikai események tudományos foglalkozásai közepette gyakran megzavarták. Az akkori mozgalmas idők eseményei közül egyik sem hozta oly nagy izgatottságba mint Napoleon visszatérése Elba szigetéről. Ez eseménynek előre nem látható következményeitől függött hazája sorsa, a félelmek és remények egész özöne Ampère érzékeny lelkületét annyira fölrázta, hogy lyoni barátai előtt állapotát tarthatatlannak festette. De a mint Ampère visszatért mathemati-



kai munkálkodása körébe, lelki nyugalma azonnal helyre állott.

Ampère egy negyed évszázadnál hosszabb időn át a franciaországi főbb collège-k főszámvevője volt. Ez a hivatal, a mellett hogy egyéniségének legkevesebbé sem felelt meg, tudományos tevékenységére legkárosabb hátráltató befolyással volt. Az év három vagy négy hónapját folytonos utazással kellett töltenie, s midőn Párisba visszatért, a tapasztalt eredményekről pontos számot kellett adnia. Nem is volt ez a hivatal sehogysen ínyjére. Hogyan lehetett tehát az, hogy Ampère oly hosszú időn át viselte ezt a terhes hivatalt? Mert kényelmesebbet és jövedelmezőbbet nem kapott. Ampère pedig oly anyagi körülmények között volt, hogy e hivatal jövedelmeit is meg kellett becsülnie. A családföntartás gondjai, a kellő határokat túllépő jótékonyága, nyomtatási költségek, új eszközök és készülékek beszerzése folytonosan igénybe vették a tőkékkel nem rendelkező tudós tárczáját. Így esett meg,

hogy Ampère a szerény jövedelmekkel kecsegtető hivatalt sem vethette meg.

A tudományok érdekében e terhes anyagi körülményeknél még inkább fájlalhatjuk azt a szellemi állapotot, melybe az elektrodinamika alapítója élte utolsó éveiben jutott. Az a férfiú, ki ifjúkorában a könyveket, mint mondani szokták, hón nyelte, terhesnek találta, hogy a legkitünőbb művekbe és értekezésekbe csak be is pillantson; gyakran megelégedett avval, ha a beküldött füzetet föl vágta. A tudományok osztályozásán kívül semmi sem érdekelt; mindaz, a mi erre a tárgyra nem vonatkozott, rá nézve teljesen közömbös volt. Ekkori állapotára világos fényt vet az Arago-tól elbeszélte következő eset.

Fresnel időnek előtte meghalt, s halálával óriási űrt hagyott maga után. Az optika fejlődéseért lelkesülő fizikusok Ampère-t szemelték ki, hogy a lángeszű fizikus szellemi örökségét átvegye; benne bíztak, hogy a nagy űrt méltóan kitölthetné. Nem is mulasztották el, hogy Ampère előtt a

dicsőséget, mely már amúgy is majdnem európai híréhez járulna, élénk színekkel ne fessék. A kísérlet eredménytelen maradt. Ampère-t egy majdnem hihetetlennek látszó nehézség tartóztatta vissza; mert, úgymond, ha a neki följánlott munkára vállalkoznék, Poisson-nak a hullámelméletre vonatkozó két értekezését végig kellene olvasnia!

Fájdalom, ezt a hanyatlást is csak az anyagi gondok rovására kell visszavezetni. Ha Ampère egy komoly tevékenységgel eltöltött nap után napi munkájára visszatekintett, s összehasonlította azt, a mit tett, avval a mit tehetett volna, keserűség fogta el szívét s egy kedvezőbb kor iránti reménye egészen megtörött.

Ampère folytonosan hanyatló egészsége helyreállítására 1836-ban Marseille-be utazott. Ez a város egyszer már a legüdvösebb hatást gyakorolta súlyos mellbajára; barátai legjobb reménnyel voltak eltelve utazásának eredménye iránt. Bredin, a lyoni állatgyógyító intézet igazgatója,

Ampère elé utazott, de barátjának aggasztó állapota csakhamar fölismertette vele annak nemso-kára bekövetkező végét. Ampère Marseille-ben a leggondosabb ápolásban részesült; mivel a beszélést az orvosok megtiltották neki, senkisem merte figyelmeztetni az őt akkor még érdeklő tárgyra, a tudományok osztályozására és az emberiség sorsának javítására fölhívni. Midőn Bredin egy ízben a tudományok osztályozására vonatkozó kritikai megjegyzéseket tett, Ampère a legnagyobb hévvel fejtegette az elveket, melyek a tudományokat összekapcsolják; fölhevülése a lelkesedésig fokozódott. Ampère nyugodtan nézett sorsa elé. A marseille-i kollégium sekrestyésének sürgető intéseire ezt felelte: "Köszönöm, abbé uram, köszönöm; mielőtt útra keltem, valamenynyi keresztényi kötelességemnek eleget tettem." Súlyos mellbajához heves láz járult, mely dicső életének 1836 jun. 10-én véget vetett.

Ampère maga választotta meg e síriratát:

Tandem felix!

Nouv. Biogr. gén.

## SEEBECK

### I. Seebeck ifjúsága. - Optikai munkái.

Thomas Johann Seebeck 1770 ápr. 9-én Revalban született. Atyja gazdag kereskedő volt, s nem mulasztotta el, hogy fia gondos nevelésben részesüljön, s mindazoknak az ismereteknek, melyek a szülővárosában megszerezhetők valának, birtokába jusson.

Seebeck elemi tanulmányainak bevégezte után szülővárosának gimnáziumába lépett. Már az alsóbb osztályokban kitűnt a természettudományok iránt való hajlamai által; midőn a gimnázium idősebb növendékei összegyűltek, hogy az iskolában látott kísérleteket ismételjék, az ifjú Seebeck társaságukba lopódkodott s valamely sarokba meghúzódva rendes szemlélője volt a fiatal experimentátorok műveleteinek. Tizenhét éves korában a gimnáziumot elvégezte, s hajlamainak engedve, a berlini egyetemre ment, hogy ott magát az orvosi tudományokban kiképezze. Miután

az orvosi és a sebészeti tudományokban már szép ismereteket szerzett, Göttingába ment, hol alaposan tanulmányozta a fülbetegségeket, s ezekről külön munkát is akart írni.

A mint látjuk, Seebeck eleintén egészen az orvosi tudományokra szánta magát. Azonban az a kor, melyben tudományos pályafutását megkezdette, fizikai új eredményekben oly gazdag volt, hogy ő sem állhatott ellen a fizikai tudományok iránt való általános lelkesedésnek, mely akkoriban annyi törekvő szellemet eme tudományok művelésére serkentett. Az elektromosság és a fény tünetmenyei, s az e tünetmenyek elmélete körül megindult szellemi mozgalom Seebeck-et is a kísérleti vizsgálatok mezejére terelték.

Az első kísérletek sikere Seebeck hajlamait egész a lelkesedésig fokozta; az orvosi pályáról véglegesen lemondott, hogy életét egészen a kísérleti vizsgálatoknak szentelje. Kedvező anyagi körülményei ez elhatározásának kivitelét tetemesen megkönnyítették; neki nem kellett megküz-

denie azokkal a nehézségekkel, melyek annyi kiváló búvárnak tevékenységére zsibbasztólag hatottak; a megszerkesztendő eszközök beszerzéseért nem kellett az államhoz, akadémiákhoz vagy egyéb társulatokhoz folyamodnia, minélfogva eszméinek gyors megvalósításának útjában semmi sem állott.

Seebeck szellemi tevékenységének mindenekelőtt alkalmas középpontot keresett: választása Jénára esett. Ez a város a jelen század elején sok híres férfiú kedvelt gyűlőhelye volt; Knebel, Schelling, Hegel, Thibaud, Ritter, Oken stb. egyidejű ott tartózkodása a kicsiny, de régóta híres várost tudományos középponttá tette. Seebeck is, mint a tudományoknak élő magánzó, 1802-ben ide tette át lakóhelyét.

Seebeck eleintén az elektromosság terén hajtotta végre önálló vizsgálatait, melyek a mint ezt előre gondolni lehet, a Volta oszlopával elért eredményekhez fűződtek. A Humphry Davy híres találmánya, a káli és a nátron fölbontása, alig

jött Seebeck tudomására, s e kitűnő experimentátor azonnal feltalálta az új fémek előállításának egy czélszerűbb módját, azaz az illető fémeknek nem közvetetlen, hanem amalgámjaiknak előállítását, mely találmányával Davy-t, illetve Berzelius-t, megelőzte.

Az illető amalgámok előállításával Seebeck képes volt nagyobb mennyiségű nátriumot, káliumot, báriumot és calcziumot termelni. Ugyancsak neki sikerült 1808 tavaszán először az ammoniák gyökének kéneső-kombinációját is előállítania.

Seebeck Jenában Goethé-vel találkozott A híres költő épen ekkor javában foglalkozott optikai vizsgálataival, melyek, a mint hitte, Newton színelméletét megdöntendők valának. A két kiváló férfiú között csakhamar szíves viszony fejlődött, s e viszornak lehet tulajdonítani, hogy Seebeck a nagyhírű költő tudományos irányzatához csatlakozott: Seebeck elektromos kísérleteit abba hagyta s kizárólag az optikai vizsgálatokra adta



magát. Goethé-t gyakran meglátogatta Weimarban, a híres költő házában heteket, sőt néha egész hónapokat töltött. A két tudós a színek tü-neményeire vonatkozó számos kísérletet hajtott végre, s együttes munkájuk eredménye experi-mentális alapja volt a Farbenlehre-nek, ama nagy munkának, melyre Goethe valamennyi munkája között a legnagyobb súlyt fektette.

Nem tartjuk a Seebeck tudományos hírneve ér-dekében valónak, hogy különösen föltüntessük azt a részt, mely őt a Goethe-féle színelméletben megilleti. Sőt sajnálnunk kell, hogy az a kiváló egyéniség, ki a Seebeck fizikai kutatásainak egészen új irányt adott, nem állott az akkori optika magaslatán. Ha Goethe az új iránynak ép oly buzgó képviselője lett volna, mint a minő ma-kacsúl vitatta a semmiféle tény által kellőképen nem indokolt nézeteit, akkor bizonyára Seebeck is arra az utra tereltetett volna, mely úton az opti-ka elsőrangú művelői elévülhetetlen dicsőséget vívtak ki maguknak. Mindazonáltal Goethe befo-lyása bizonyos tekintetben nagyon is üdvös volt,

mert annak köszönhető, hogy Seebeck figyelmét egyáltalában az optika felé fordította, s a mint az első lépéseket megtette, optikai vizsgálataival csakhamar kilépett Goethe tevékenységének egyoldalú köréből, s oly térre lépett, melyen fölfedezéseinek fontossága és nagy száma által egyaránt méltán sorakozik az optika kiváló művelői közé.

Seebeck már 1810 óta foglalkozott a foszforosság tünetményeivel, s földerített oly tényeket is, melyeknek a fény elméletére nézve elvi jelentőségük van.

Albertus Magnus (a XIII-ik században) már beszélt a gyémánt foszforos tulajdonságairól, de a tünetmény csak akkor keltett nagyobb figyelmet, midőn 1602-ben Vincenzio Cascariolo nevű czipész e tulajdonságot az úgynevezett bolognai világítókövön (lapis solaris, bolognai foszfor) észlelte. A tünetmény nem sokára több anyagon észleltetett, elannyira, hogy Dufay már 1730-ban azt állította, hogy kellő kezelés mellett minden test foszforossá válik.

Midőn Seebeck a tárggyal foglalkozni kezdett, egyes észleletek már igen nagy számmal tették; de arról, hogy az észleletek ugyanarra az alapelvre vezettettek volna vissza, szó sem volt. Boyle a gyémánttal végrehajtott kísérleteivel megmutatta, hogy a foszforosság és az elektromosság szükségképen nem függnék össze. Dufay a foszforosságot az égés egyik különös nemének tartotta. Lemery föltette, hogy a testek a fény iránt épen úgy viselik magukat, mint a hő iránt, azaz hogy a fényt először abszorbeálják, aztán ismét kisugározzák.

Eustachio Zanotti bolognai csillagász (1709-1772) a bolognai foszfort a színek különböző sugaraival megvilágítván, arra a sajátságos eredményre jutott, hogy a színes sugarak épen úgy mint a fehér fény a foszfort vöröses-sárga fényben ragyogtatják; Beccaria ellenben azt állította, hogy mindegyik sugár a saját színét közli a foszforos anyaggal, s ez a vélemény nagyon is tetszett az emisszió-elmélet akkoriban még nagy számú híveinek. Hogy is lehetne az emisszió-

elmélet szerint megérteni, hogy például a kék fény sárgává változzék a nélkül hogy a foszforos anyag kémiai szerkezete megváltoznék? Beccaria később megváltoztatta ugyan nézetét, de az emisszióelmélet hívei mégis megmaradtak a mellett, hogy csakis Beccaria-nak lehetett igaz, s hogy Zanotti mindenesetre csalódott.

Seebeck a kérdést kísérleti döntő vizsgálat alá vetette, s minden lehető módon variált kísérleteivel megmutatta, hogy Zanotti-nak igaza volt, a mennyiben a foszforos fény, bár a különböző testekre nézve különböző, általában véve a színek kevésbé törékeny sugaraival egyezik meg, s független az azt előidéző sugarak színétől. Még föltünőbb volt Seebeck egy másik eredménye, mely a hullámelmélet mellett még hangosabban bizonyít: a mész és a barit keverékéből kilövelt fény intenzitása függ a megvilágító sugarak színétől; az intenzitás maximuma az ibolya, a minimuma pedig a vörös sugaraktól ered. Sőt mi több, ha valamely fény a foszforosságot egyszer már előidézte, a vörös sugarak behatása azt egy-

szerre megszünteti. Könnyű átlátni, hogy az egyik mozgás egy másik mozgássá átalakulhat s hogy az egyik mozgás a másikat egészen megszüntetheti, de alig lehet elképzelni, hogy valamely fényanyaghoz adott másik fényanyag teljes sötétséget idézzon elő. A vörös sugaraknak ez a negatív hatása nagyon jelentős tény, melynek kellő értékét csak akkor ismerték föl, midőn mintegy harmincz évvel Seebeck fölfedezése után ugyanezt a tényt Edmond Becquerel is önállóan feltalálta s vizsgálatait a mérsékletre és a színek láthatatlan hősugarainak befolyására is kiterjesztette.

Seebeck még megmutatta, hogy kellőképen megválasztott körülmények között az ezüstchlorür a megvilágító sugár színét veszi föl; továbbá azt vette észre, hogy a sugarak chemiai hatása nem pillanatnyi, hanem, úgy mint a foszforosság, mérhető ideig tart. Ugyancsak a fény chemiai hatásaira vonatkozólag Seebeck azt a nevezetes észleletet tette, hogy a kevésbbé törékeny fénynek chemiai hatása, épen úgy mint fluóreszkáló

hatásai, sokkal csekélyebbek mint az erősebben törékeny. Seebeck szerint vörös vagy sárga sugarak a chlórezüstöt csak igen kevésbé feketítik meg.

Seebeck 1819-ben a kísérletek egy másik csoportjával foglalkozott: ki akarta mutatni, hogy miképpen van a hő a nap színekében szétosztva.

Már az e tárgyra vonatkozó legrégibb vizsgálatokból kitűnt, hogy a fénysugarakat egyenlő törékenységű hősugarak kísérik, csak hogy a hősugarak mennyisége a színek különböző részeiben különböző, nevezetesen, nagyobb mennyiségben vannak jelen a színek kevésbé megtört részeiben mint az erősebben töröttekben. Landreani a mérséklet maximumát a színek sárga részébe helyezte, Rochon a sárga és a vörös közé, Senebier pedig a vörösbe.

Az idősebb Herschel volt az első, ki azt a nevezetes észleletet tette, hogy a napsugarakat nem világító hősugarak is kísérik. Hogy a színek tettség szerinti részének mérsékletét kényelmesen

megvizsgálhassa, a színekép sugarait szűk nyíláson vezette át, s az áteresztett sugarak útjába igen kicsiny s érzékeny hőmérőt tett. Ekkor azt tapasztalta, hogy a színeképnek a vöröshez közeledő részeiben a mérséklet folytonosan nagyobbodik, a hőmérő nemcsak a vörös szélén, hanem még azon túl is emelkedett, még pedig sokkal erősebben mint a színeképnek bármely látható részében, holott az ibolyán túl levő sugarakban a melegítésnek nyomai sem mutatkoztak.

Herschel e kísérleteiből jogosan következtethette, hogy a Nap fénye különböző törékenységű sötét sugarakat tartalmaz, s hogy e sugarak maximuma nem a látható színeképbe, hanem a vörösön túl levő térbe esik. Newton egyszerű színeképe három színekép összetételévé vált: a fényszíneképhez a kémiai színekép és a hőszínekép járult.

Herschel szép találmánya, mint minden új dolog, nem talált mindjárt kellő hitelre. A régibb nézetek hívei még mindig ragaszkodtak, most persze már csak történeti jogaikhoz. Seebeck e

téren is döntő kísérleteket tett: megmutatta, miszerint a hő maximumának helyzete lényegesen függ ugyan a használt prizmák anyagi minőségétől, de egyszersmind kétségen kívülé tette, hogy a Nap sugarait mindig sötét hősugarak kísérik.

Melloni később megmutatta, hogy figyelembe kell venni még a prizmák vastagságát is, mit Seebeck a rendelkezésére álló kevésbé tökéletes eszközökkel észre nem vehetett. Seebeck, ha a megkívántató eszközökkel bővebben el lett volna látva, Melloni-t híres találmányaiban aligha meg nem előzte volna.

Az 1811 óta tett optikai észleletek között alig volt egy is, melyet Seebeck alaposan nem tanulmányozott volna. E közben számos új észleletet tett; de mivel a fizikusok figyelmét az Arago felfalta tünemények nagy mértékben magukra vonták, némelyek közülök a Seebeck eredményeit önállóan találták föl, s ez által Seebeck a feltaláló, azaz tulajdonképen csak az egyedüli feltalá-



ló hírétől elesett, mely körülmény azonban tudományos érdemeinek megítélésénél csökkentő befolyással semmiesetre sem lehet. Lássuk a Seebeck fontosabb észleleteit.

1813 febr. 21-én, Brewster-től függetlenül, felfedezte a szorított és a gyorsan hűtött üvegek kétféle törését. Seebeck kísérleteit sokféleképpen variálta: kerek, három- és négyszögletes lapok a polározó és analizáló között más-más alakot mutattak. Seebeck e színes figurákat entoptikai figuráknak nevezte. Mindamellett hogy Seebeck e tünetmenyeket kísérleti szempontból a legbehatóbban tanulmányozta, a dolog elméleti magyarázatában - nem tekintve azt, hogy a tünetmenyeket egészen helyesen a közegek molekulás változásainak tulajdonította - elfogadható eredményekre nem jutott.

Seebeck továbbá kimutatta az ég kék színének polározódását, a főtengelyükkel párhuzamosan hasított turmalinlemezek okozta polározódást és észrevette a főtengelyükre merőlegesen metszett

mészpátlemezek színgyűrűit, a nélkül, hogy az Arago, Biot és Wollaston e tárgyakra vonatkozó észleleteit ismerte volna.

A polározódás síkjának forgatása is azok közé a tények közé tartozik, melyeket Seebeck fürkésző szelleme alapjaikban önállóan fölismert. Az a körülmény, hogy a kitűnő bűvárt e tárgyban is megelőzték mások, nem akadályozhat meg bennünket abban, hogy érdemeiről kellő elismeréssel meg ne emlékezzünk. Hogy mennyi önállóságot és mennyi szorgalmat fejtett ki Seebeck az oly tárgyak kifürkészésében, melyek rendszerint más feltalálók neveivel hozatnak kapcsolatba, legjobban kitűnik a Biot-hoz Nürnbergből 1816 febr. 26-iki kelettel intézett következő soraiból:

"A vízben feloldott cukor a sötétre beállított üveglemez-oszlopok átlátszóságát helyreállítja, még pedig annál nagyobb mértékben, mentül több cukor van az oldatban s egyszersmind csökkenti a párhuzamos helyzetű oszlopok átlátszóságát. Ha a cukoroldat elé terpentinolajjal

megtöltött üveget állítunk, a két folyadék együttesen a sötétre beállott oszlopok között már nem átlátszó..... Megelőző leveleim egyikében említést tettem többféle olajról, melyek az átlátszóságot visszaállítják, ha az olajok egyikét, például a borsosmenta-olajat a terpentinelajjal együttesen alkalmazzuk..... Hasonló eredményt idéz elő a terpentinelajjal kombinált czedrusolaj. Ezek az olajok úgy hatnak tehát, mint a terpentinelaj, mely a látómezőt vastagságával arányosan világosítja meg. Az olajok némelyikének hasonló hatása van, mások pedig nem állítják helyre a világosságot; ez utóbbiakhoz tartoznak az izsop-, a majorána-, az ánizs-, a démutka-, a cziczkóró-, a kömény-, a kajeput-, a bergamot-, a lavandula-, a fekete ribiszke-, a kapor- s a gyökönkeolaj."

Seebeck e soraiból világosan kitűnik, hogy már megelőzőleg közölte Biot-val némely folyadék polározatlanító tulajdonságát. Hogy mikorról keltezte Seebeck ezt a levelet, azt nem lehetett megtudni. Biot, ki az említett levelek közül háromat gondosan megőrzött és nyilvánosan is közzé

tett, erről a negyedik levélről így nyilatkozik: "Seebeck ugyane tárgyakra vonatkozólag egy negyedik levelet is intézett hozzám ... de azt oly személynek adtam, ki nincs többé s a kinek papírai közt azt feltalálni nem lehetett; valószínű, hogy ez a levél más valakinek kézírataival cseréltetett föl." Már pedig ez a levél kétségtelenül eldöntötte volna azt a vitát, mely a polározódás síkja forgatásának feltalálása körül megindult. Tény az, hogy Herschel és számos más fizikus oda nyilatkozott, miszerint úgy látszik, hogy Biot és Seebeck ezt a szép észleletet egyidejűleg tették. Ezt azonban Biot nem akarta elismerni, s nyíltan kijelentette, hogy a Seebeck első észlelete négy hónappal későbbi keletű mint az övé, melyet az akadémiával 1815 november vége felé közölt. Ha azonban az elveszett levél négy vagy öt hónappal korábbi keletű, mint az idézett levél-töredék, akkor a prioritás kérdése aligha nem a Seebeck javára dőlne el. Annyi bizonyos, hogy a cukor forgató képességét Seebeck találta föl először, bár Biot-nak köszönhetjük azokat az el-

veket, melyek e találmány ipari alkalmazását lehetővé tették, Seebeck-ről meg kellene emlékezniök mindazoknak, kik a sacchariméter által nyújtott előnyöknek örvendenek.

II. A hőelektromos oszlop. - Seebeck egyéb dolgozatai.

Oly tárgyhoz érkeztünk, melynek története egyenest a Seebeck nevével kezdődik, s mely tárgy feltalálásának dicsőségét Seebeck senkivel sem tartozik megosztani. A hőelektromosság szintén egyike azoknak a kiváló tényeknek, melyek a Volta alapvető találmányának nyomán a fizikai tudományban messzire ható elméleti vizsgálatok forrásaivá lettek.

1822-ben történt, hogy Seebeck fürkésző szellemétől vezéreltetve, arra a gondolatra jött, hogy megvizsgálja azokat az elektromos hatásokat, melyeket a hő a különböző fémek forrasztó helyein netalán előidézhetne. Egy bizmúthenger két alapsíkjához derékszög alatt kétszer meghajtott rézlemeznek két végét forrasztotta s az ily mó-

don előállított egyenköz közepén mágnestűt függesztett föl. Midőn az egyik forrasztás-helyet hevítette, a tű azonnal kitért s eredeti irányára merőlegesen helyezkedett el.

A hőelektromosság föl volt találva, s Volta oszlopát egy új oszlop, a hőelektromos oszlop követte. Az elektromosság forrásai egygyel szaporodtak: a Seebeck találmánya világosan mutatja, hogy a hő közvetetlenül átalakúlhat nemcsak elektromossággá, mint a turmalinnál, hanem egyszersmind folytonos elektromos árammá is. E tény jelentősége megérteti velünk azt az általános lelkesedést, melylyel a Seebeck találmánya fogadtatott; a fizikusok a találmány értékéről azonnal meggyőződván, siettek a hőelektromosságot, a fizikának ez újszülött ágát, minden irányban alaposan tanulmányozni.

Seebeck maga is azok közé tartozott, kik az első sikeres lépés dicsőségével meg nem elégedve, találmányuk természetét a legutolsó részletekig kifürkészni igyekszenek. Seebeck azonnal észre-

vette, hogy nemcsak a rézből és a bizmútból alkotott elem ad áramokat, ha a két forrasztó helynek különböző mérséklete van, hanem hogy bármely más különmemű két fém összeforrasztásával hasonló hőelektromos elemek, és ez utóbbiak kombinációjából hőelektromos oszlopok állíthatók elő. E mellett azt tapasztalta, hogy a mágnesű kitéréseinek iránya függ az alkalmazott fémek mineműségétől, de ugyanazon két fémnél az áram iránya állandó, s csak akkor válik ellenkező irányúvá, ha az egyik forrasztás-hely, a helyett hogy melegítették, lehűttetik. Seebeck továbbá azt tapasztalván, hogy ugyanaz a fém különböző irányú áramokat eredményezhet, a szerint a mint azt egyik vagy másik fémmel forrasztotta össze, azonnal átlátta, hogy a fémeket bizonyos sor szerint lehet elrendezni, mely sor mindegyik tagja az előző tagok valamelyikével összeforrasztva, negatív, a következő tagok valamelyikével összeforrasztva pedig pozitív elektromossá lesz. Seebeck összeállította ezt a sort, melynek a Volta-féle feszítő sorral analog tulajdonságai lé-

vén, azt hőelektromos feszültségi sornak nevezte. Hogy mily szorgalommal dolgozott Seebeck, azonnal szembetűnik, ha megemlítjük, hogy nem kevesebb mint harmincznégy tiszta fémét és ötvözetet helyezett a feszültségi sorba, melynek első (negatív) tagja a bizmút, utolsó (pozitív) tagja pedig a tellur volt.

Seebeck később megmutatta, hogy a hőelektromos áram előidézésére nem kell szükségképen két különnemű fémét összeforrasztani, mert egyik kísérletében az áramot egy egyedüli bizmút rúd bizonyos helyeinek hevítésével idézte elő. Hasonló eredményt talált később Becquerel is, azonban Magnus 1851-ben kimutatta, miszerint igaz ugyan, hogy áramot egy fémmeel is elő lehet idézni, de ilyenkor a hevített helyen a fém-tömeg egyes részeinek okvetetlenül különböző fizikai tulajdonságaik vannak.

A hőelektromos oszlop a legszebb észleletek hosszú sorát nyitotta meg. Peltier a készülék egyszerű átalakításával az egész tudományos világ



legnagyobb bámulatára megmutatta, hogy bizonyos körülmények között az elektromos árammal hidegséget lehet előidézni: a Volta-féle elektromosság, mely eddig rendkívüli hevítő hatásairól volt híres, egyszerre a hidegség forrásává lőn. A Nobili és Melloni kezei között a hőelektromos oszlop a galvanométerrel kombinálva véghetetlen érzékenységgű hőmérővé vált; a legcsekélyebb hőforrás sem kerülhette ki többé, hogy a hőelektromos oszloppal fölfegyverkezett bűvár előtt a számbavehető hatók sorába ne helyeztessék; e készülékkel a legcsekélyebb hőforrások, mint például a rovarok mérséklete vagy pedig bizonyos anyagok lassú oxidációja nemcsak kimutathatóvá, hanem egyszersmind pontosan mérhetővé vált. Ugyanevvel a készülékkel Melloni földerítette a sugárzó hő addig ismeretlen természetét, kimutatta az addig azonosaknak tartott sugarak közötti különbségeket. Végre a hőelektromosság, tekintet nélkül a tudományra nézve véghetetlenül hasznos alkalmazásaira, Hankel, Thomson, Becquerel, Wiedemann stb. kezei kö-

zött egész tudományyá nőtte ki magát, mely tudomány az elektromosság tanának egyik legszebb ága, mert a természeti tünemények lényeges összefüggésének addig számos homályos kérdéseire a legtisztább fényt veti.

Ha fontolóra vesszük, hogy e nagy eredmények a Seebeck alapvető találmányában gyökereznek, lehetetlen, hogy e kiváló férfiút az elektromosság tanának első rangú alkotói közé ne sorozzuk; hogy midőn az emberi ismeretek eme messzire kiható ágának megalapításáról van szó, nevét a Volta, Davy, Oersted, Arago, Ampère és Faraday nevei mellett föl ne említsük.

Az eddigiekkel elég világosan mutattuk meg, hogy Seebeck méltó és jogos igényt tarthat az első rangú fizikus nevére. Mégis, érdemei képének lehetőleg teljessé tétele tekintetéből, mulasztást követnénk el, ha föl nem említenők, hogy Faraday-t jóval megelőzte a mágnességre és a diamágnességre vonatkozó híres vizsgálataiban. Seebeck valósággal fölismerte, hogy egy erős mág-

nesnek kinyújtott sarkai közé tett különböző anyagok különbözőképen viselik magukat; némelyek a sarkoktól vonzattak s a mágnesi tengely irányában helyezkedtek el, mások pedig a sarkoktól taszítottak s a tengelyre merőleges irányban állapodtak meg, végre a testek egy harmadik csoportja a mágnesség iránt egész közönytös maradt. Seebeck továbbá először mutatta meg, hogy az aczél, ha fokozatosan a vörös izzásig hevítettetik, nagyobb mértékben mágnesezhető mint hideg állapotban, de egyszersmind azt tapasztalta, hogy kihűlés alkalmával ismét az eredeti mágnességet nyeri vissza: a vörös izzáson túl hevített mágnesek ereje pedig tetemesen gyengül.

Végre Seebeck volt az első, legalább fia tanúsága szerint, ki a hangmagasság emelkedését és csökkenését mozgó hangforrásoknál (a hegyekről lecsúszó szánkók füttyein) észlelte.

III. Seebeck élete. - August Seebeck.

Seebeck azok közé a tudósok közé tartozik, kiknek életfolyása anyagi gondok s a politikai és társadalmi élet viszontagságos mozgalmaitól nem zavarva, egyedül tudományos tevékenységben s az ez elé gördülő tudományos nehézségek leküzdésében oszlott meg.

Seebeck 1810-ben hagyta el Jénát s két évet utazással töltvén, hosszabb ideig Bayreuth-ban maradt; e városból állandó tartózkodásra Norimbergába költözött. Itt hajtotta végre optikai vizsgálatainak legnagyobb részét, s a munkái sikere fölötti öröm elegendő ok volt arra, hogy napjait kellemesekké tegye; a külső elismerést és népszerűséget sohasem kereste. Mindazonáltal mégsem kerülhette ki a tudományos társulatok elismerését. A párisi akadémia Brewster-rel egyidejűleg levelező tagjául választotta meg.

Az 1818-iki év a Seebeck életmódjában jelentékeny változásokat idézett elő. Ugyanis ez évben a berlini akadémia rendes tagjává választatván, norimbergai kedvelt lakóhelyét a porosz fő-

város zajával kellett fölcserélnie s akarata ellenére is nyilvánosan szereplő egyéniséggé kellett válnia. Mindazonáltal Berlinben is lehetőleg a régi maradt, a társaságok zajába csak ritkán elegyedett s napjait tudományos vizsgálatainak és családi örömöknek szentelte.

Seebeck a tudományra nézve áldásos életét 1831 decz. 10-én Berlinben rövid betegség után fejezte be.

Seebeck fia, August (sz. 1805 decz. 27-én Jénában), atyja dicső nyomdokain haladva, kiváló fizikus rangjára emelkedett. 1829-től 1832-ig a berlini gimnáziumokon s a berlini katonai iskolán a fizika tanáráként működött, 1831-től egyetemi magántanár volt, 1843-ban Drezdába ment, hogy az ottani technikai intézet igazgatóságát átvegye. Kevéssel halála előtt a lipcsei egyetemhez a fizika rendes tanárává neveztetett ki.

August Seebeck különösen akusztikai vizsgálatai által vált nevezetessé. A húrok rezgéseit, a rezgések összetételét, különösen pedig a hang in-

terferenciáját alaposan tanulmányozta s az ide vonatkozó tanokat figyelemre méltó eredményekkel gazdagította. Ép ily figyelemre méltók optikai kutatásai, melyekkel addig szigorúan be nem bizonyított törvényeket szilárdabb alapokra fektetett. Miután Fizeau és Foucault a hősugarak diffrakcióját kísérletileg bebizonyították, A. Sebeck még tovább ment, s a hősugarak diffrakciós színeképét is előállította. A. Seebeck 1849 márcz. 19-én Drezdában halt meg.

## MELLONI

I. Melloni ifjúsága. - A sugárzó hő története. - Melloni munkái.

Macedonio Melloni 1798 ápr. 11-én Parmában született. Az észleletek iránti hajlama korán fejlődött s már gyermekkorában kezdett a napsugarak melegítő hatása fölött elmélkedni s egyszersmind a Nap és a földi hőforrásoktól kilövelt hő között analógiákat és különbségeket egybevetni. Ez az egy bizonyos pont felé irányuló törekvés, melyet Melloni már kora ifjúságában tanusított, a fizikát később a legszebb eredményekkel vala gazdagítandó. "A természet látványa, mondja Melloni, volt rám nézve is, mint sok annyi másra, az a forrás, melyből a gyermekkor legélénkebb gerjedelmei fakadtak. Szerettem a mezőt, a síkot, az erdőt, a hegyet; bámultam a növényzet gazdagságát, melyben pompáznak, az élőlények sokaságát, melynek lakást adnak. De semmi sem lepte meg annyira képzeletemet, mint az a benső

kapocs, mely az élet jelenségeit égboltunk ragyogó Napjához fűzi."

Az ifjú Melloni a sugárzó hőre vonatkozólag oly kérdéseket intézett magához, melyekre a feleletet egykönnyen meg nem találhatta, s mely kérdésekre a tudomány akkori állapotában a felelettel a legjelesebb fizikusok is adósak maradtak volna. E nehézségek, melyeket Melloni önmaga elé gördített, nemhogy fürkésző kedvét lankasztották volna, hanem ezt még inkább élesztették, s alig várhatta, hogy oly helyzetbe jöjjön, melyben régóta tervezett kísérleteit végrehajtsa. Az alkalom nem sokáig váratott magára, mert Melloni már 1824-ben, "alig hagyva el az iskola padját," a pármái egyetemhez a fizika tanárává nevezte-tett ki.

Melloni most elérkezettnek látta az időt, hogy eszméit kísérleti úton ellenőrizze. Azonban a mező, melyet művelni óhajtott, majdnem egészen új volt; csakhamar meggyőződött, hogy új eszmék megvalósításához új eszközök kellenek. Ilyenek-



kel pedig nem rendelkezvén, egyidőre más tárgyra fordította figyelmét. Melloni tudományos pályafutását a higrométriára vonatkozó kísérletekkel kezdte meg; e kísérletek világosan elárulták experimentátori ügyességét.

Melloni nemsokára megismerkedett egy jeles fizikussal, Leopoldo Nobili flórenczi tanárral, s vele szorosabb baráti viszonyba lépett. E viszornak köszönhető, hogy Melloni csakhamar visszatérhetett kedves eszméinek megvalósításához.

Nobili a Seebeck feltalálta hőelektromosságban alkalmas eszközt látott a hő jelenlétének kimutatására. Ha a hőelektromos elemben áram kering, akkor bizonyos, hogy az egyik forrasztó hely melegebb mint a másik. Ez volt az az alapelv, melyet Nobili a hő mérésére alkalmasnak talált. Az elv egyszerű, azonban a kivitel, mint sok más hasonló esetben, nehéz volt. Az áram jelenlétét a mágnesű mutatja, csakhogy az áram erősségének jelentékenynek kell lennie, hogy a víz-

szintesen felállított közönséges mágnestűt eltérít-  
hesse. Ezt a körülményt már Biot, Savart és Am-  
père is figyelembe vették, midőn kísérleteiknél a  
mágnestűket úgy állították föl, hogy a Földnek  
reájok gyakorolt irányító ereje hatástalanná tétes-  
sék. E tűk, melyeket Ampère méltán nevezett  
asztatikus tűknek, az elektromágnességi vizsgá-  
latoknál jó szolgálatokat tehettek ugyan, de a No-  
bili céljainak nem feleltek meg. Először is a hő-  
elem áramának erőssége a Volta-féle áram erős-  
sége mögött messzire elmarad, másodsor pedig  
az alkalmazandó hőforrások oly gyengék valá-  
nak, hogy a megfelelő áramok erőssége még a  
legkedvezőbb esetben sem lett volna elegendő  
arra, hogy a mágnestűre észlelhető hatást gyako-  
roljon.

Az első nehézségen Nobili úgy segített, hogy  
egy hőelektromos elem helyett egy egész hő-  
elektromos oszlopot oly módon állított össze,  
hogy valamennyi páros vagy páratlan számú for-  
rasztó helyet egyszerre melegíthette vagy hűthet-  
te. Hogy a készüléket lehetőleg érzékenynyé te-

gye, oly fémeket választott, melyek a Seebeck-féle feszültségi sorban egymástól lehetőleg távol állottak; vékony bizmút- és antimon-rudacskákat forrasztott össze, azokat kellőképen összehajtotta s egy tokba szorította.

Ez az oszlop tetemes erősségű áramokat adott ugyan, de mégsem oly erőseket, hogy gyenge hőforrások alkalmazása mellett a tűre jelentős hatást gyakorolhattak volna. Nobili-nak tehát a mérőeszköz második alkotórészét, a mágnesűt kellett érzékenynyé tennie. 1825-ben szerkesztette az úgynevezett multiplikátort, mely készülékben a mágnesűt az által tette asztatikussá, hogy igen finom és egyformán mágnesezett két tűt egymással párhuzamosan úgy erősített össze, hogy a tűk különnevű sarkai egymás fölé estek. Az elszigetelt drótot, melyen az áram elvezetendő vala, többszörösen a tűk körül tekerte, még pedig oly módon, hogy a tekercsben keringő ellenkező irányú áram-részek a két tűre ugyanabban az értelemben forgatólag hatván, a két tűre gyakorolt hatás összegeződött. Ez a készülék, melyet Nobili-

li a hőelektromos oszloppal kombinálva hőmultiplikátornak nevezett, a fentebb jelzett mind a két nehézséget legyőzte. Nobili találmányát Melloni-val közölvén, ez utóbbi azon még néhány lényeges javítást tett, a mint ezt Nobili maga is nyilvánosan beismerte. A két tudós ily módon oly érzékeny hőmérő birtokába jutott, hogy a hőelektromos oszloptól 30 cm távolságban levő kéztől kisugárzott hő hatása elegendő volt arra, hogy a galvanométer tűje 20-25 fokkal kitérítették.

Ugyancsak evvel a készülékkel sikerült Melloni-nak egy már többször hasztalanul megkísérlett kérdést eldöntenie, a holdsugarak melegségét kimutatnia. A legnagyobb gonddal és elővigyázattal végrehajtott kísérletek a galvanométer tűjén 3-4 foknyi kitérést eredményeztek. (V. ö. Tyndall, A hő, p. 443.)

A thermomultiplikátor igen érzékeny eszköz volt ugyan, de pontossága sok kívánni valót hagyott fenn. Ugyanis az áram erőssége a tű kitéré-

seivel nem áll egyszerű arányban, hanem azt a törvényt, mely szerint az áramerősség a tű kitéréseivel változik, minden egyes galvanométerre nézve külön-külön kell levezetni. Melloni egyszerű és kényelmes módszert talált föl e törvény fölkeresésére s ez által a multiplikátort épen oly pontos mint érzékeny eszközzé tette.

Most már ismerjük lényegét ama fontos eszköznek, melylyel Melloni képes volt a sugárzó hőnek tulajdonságait és természetét oly alaposan tanulmányozni, mint ezt előtte senkisémm tehette. Mégis, mivel a történelmi folytonosság elvétől eltérni nem akarunk, mielőtt a Melloni munkáit ismertetnők, röviden át fogjuk tekinteni azokat az eredményeket, melyeket a tudomány a szóban forgó téren a megelőző időkben fölmutatott.

Archimedes óta tudva volt, hogy a homorú tükrökre eső napsugarak fénye és melegsége egy pontba gyűlik össze.

1682-ben Mariotte tükör segítségével földi tűznek sugarait gyűjtötte össze s megmutatta az

összegyűjtött sugarak föltűnő hatásait; midőn a tükör és a gyújtópont közé üveglapot tett, a gyújtópont hevítő hatásai megszűntek. Ez utóbbi észleletről Mariotte nem tudott számot adni, de a gyújtópont hevítő hatásai a hő visszaverődéséről világosan tanúskodtak.

A tulajdonképeni sugárzó hőről Scheele szólott először, ki egyszersmind megmutatta, hogy a hősugarak is a katoptrikai törvények szerint veretnek vissza. Lambert volt az első, a ki világító és sötét hősugarakat különböztetett meg. A genfi Pictet két homorú tükört egymástól 24 lábnyi távolságban állított föl s az egyik tükör gyújtópontjába izzó szenet tett; a két tükör együttes hatása miatt a másik tükör gyújtópontjába tett könnyen gyulékony anyagok meggyúladtak. Ez a kísérlet, mely a sugárzó hő és a fény analógiáját még világosabban mutatta ki, a fizikusok körében nagy föltűnést keltett, bár legtöbben abban a véleményben voltak, hogy a nevezett hatást a fényes hő idézte elő, s csak egyedül Lambert tulajdonította az eredményt a sötét sugaraknak.

A sötét hőugarak létezését minden kétséget kizáró módon Bénédict de Saussure mutatta ki. Kísérleteit Pictet készülékével s Pictet-vel együttesen hajtotta végre. Az egyik homorú tükör gyújtópontjába izzó szén helyett majdnem a vörös izzásig hevített vasgolyót, a másik tükör gyújtópontjába pedig hőmérőt tett: a hőfokok gyors emelkedése csakis a visszavert sötét hőugarak eredménye lehetett.

Pictet ezt a kísérletet megfordította, tehát lényegileg a flórenczi akadémikusok kísérletét ismételte. A gyújtópontba meleg vasgolyó helyett jég és salétromsavból álló hideg keveréket tett, s a legnagyobb meglepetésére azt tapasztalta, hogy a másik tükör gyújtópontjába tett hőmérő néhány fokkal a fagyópont alá szállott. E föltűnő eredmény után azt vélte, hogy nemcsak hő-, hanem hidegsugarak is vannak, s hogy ez utóbbi sugarak az előbbeniektől teljesen függetlenek. Azonban Pierre Prevost a tűnemény okát helyesebben ismerte föl, a mennyiben az eredményt csak úgy

tekintette mint a különböző mérsékletű testek hevénnek kicserélődését.

E véleménykülönbség élénk, de eredmény nélküli vitákra adott alkalmat.

A Nap melege, épen úgy mint fénye, mielőtt légkörünkhöz érkeznék, üres térben halad. Ez a tény azt látszik mutatni, hogy a hősugarak az üres téren is áthatolnak, s valóban Rumford ezt a következtetést földi hőforrásokkal s mesterségesen előállított légüres térrel direkt kísérletekkel megmutatta, s evvel a sugárzó hő és fény közötti analógiát újabb bizonyítékkal támogatta.

Mindezek a kísérletek csak a sugárzó hő visszaverődésére és terjedésére vonatkoztak. Herschel, kinek idevonatkozó kísérleteiről már szólottunk, volt az első, ki a hősugarak törését, még pedig különböző törését megmutatta s ez által a hőszíneképet fedezte föl. Azonban Herschel üvegprizmákat alkalmazott; minthogy pedig az üveg a hősugarak legnagyobb részét elnyeli, a hőszínekép kiterjedését pontosan meg nem határozhatta.



Ugyancsak az üveg e tulajdonsága miatt nagyon alkalomszerűek és találóak valának a Seebeck kísérletei, melyekből kitűnt, hogy a színekpi hő maximumának helyzete függ a prizma anyagi minőségétől.

Dulong és Petit a kihűlési kísérleteikben, mindamellett hogy a hősugárzást is figyelembe vették, első sorban a kihűlés matematikai törvényének levezetését tűzték ki céljukul, minél fogva a sugárzó hő fizikai természetét csak nagyon is egyoldalúlag tüntethették föl.

Így állottak a sugárzó hőre vonatkozó ismeretek, midőn Melloni korszakalkotó vizsgálatait megkezdette. Melloni első kísérletei a hő áthatására vonatkoztak, de mivel munkáinak összessége rendszeres egészet alkot, nem szükséges, hogy művei ismertetésénél keletkezésük chronológiai rendjét szigorúan kövessük.

Lássuk először a sugárzó hő terjedésére vonatkozó észleleteit.

A fény és a sugárzó hő egyszer már fölismert analógiája miatt közel volt az a gondolat, hogy a sugárzó hő is épen oly sebesen terjed mint a fény, s hogy intenzitása szintén a távolság négyzetével fogy.

Az első összeegyeztést azon egyszerű kísérletek, melyekben valamely világító hőforrás hő- és fénysugarai igen érzékeny hőmérőre egyszerre kezdenek hatni, kétségen kívülé teszik; e kísérleteket már Pictet is végrehajtotta, persze a hőmultiplikátornál sokkal kevésbé érzékeny lég-hőmérőkkel.

A sugárzó hő intenzitásának fogyása külön kísérleti bizonyítékot látszott igényelni. Mint a Lambert Pyrométriájából kitűnik, e fizikus már 1777-ben bebizonyította, még pedig tekintve az általa használt hiányos eszközöket, mondhatni igen pontosan bizonyította be azt, hogy a hő intenzitása a fényével megegyező módon fogy. Lambert egy parázstartótól különböző távolsá-

gokban öt hőmérőt állított föl s bizonyos idő ejtette után a mutatott hőfokokat észlelte.

Melloni a Lambert kísérleteit a hőmultiplikátorral ismételte; hőforrásul borszeszlámpától hevített platinaspirálist használt. Az eredmények a Lambert levezette törvényt a legnagyobb szigorúsággal erősítették meg. Különben Melloni ezt a törvényt a Leslie-féle különbségi hőmérővel is bebizonyította, még pedig az által, hogy két fémkoczkát, melyek közül az egyiknek négyszer akkora oldallapjai valának mint a másiknak, a hőmérő egy-egy golyójára sugározta. A hőmérőben a folyadék nyugton maradt, ha a nagyobbik koczka kétszer oly nagy távolságban volt fölállítva mint a kisebbik.

Melloni ez utóbbi kísérletével megczáfolta a Leslie-től levezetett ama szabályt, miszerint a sugárzó hő a távolsággal egyszerű fordított viszonyban fog. Leslie e szabály levezetésére csak egy fémkoczkát használt s ezt a hőmérőtől különböző távolságokban állította föl; de e mel-

lett nem vette figyelembe a különböző szögeket, a melyek alatt a hősugarak a hőmérőt találták, s ez annál föltünőbb, mivel Leslie volt az első, a ki bebizonyította, hogy a ferdén beeső hősugarak intenzitására nézve ugyanaz a törvény áll, mint a fénysugarakéra nézve.

Leslie-nek ez utóbbi észleletét Melloni a hő-multiplikátorral megerősítette s egyúttal oda bővítette ki, hogy az intenzitás ez utóbbi törvénye független a sugárzó fölület minőségétől. Fourier-nek ez utóbbi eredményre vonatkozó elméleti fejtegetései Melloni-nak ismét alkalmat adtak, hogy a fölületek minőségének a kisugárzott hő mennyiségére való befolyását tanulmányozza.

A hősugarak visszaverődését a Melloni idejében bebizonyítottak lehetett tekinteni. A régibb kísérletek gömbi tükrökkel hajtottak végre; Melloni a kísérleteket síktükrökkel ismételte s közvetetlenül kimutatta, hogy a katoptrikai törvények a sötét hősugarakra is érvényesek. Hogy e kísérleteket kényelmesen végrehajthassa, a hő-

elektromos oszlopot és a visszaverő fölületet a megkívántató szögmérésekre alkalmas állványra erősítette; a hőforrásokat, valamint a sugányalábok átmérőjét korlátozó ernyőket külön állványokra erősítette, ez állványok ismét egy beosztott sín mentén egymástól tetszés szerinti távolságba valának felállíthatók. Ez az a készülék, mely a kellő módosításokkal a sugárzó hőre vonatkozó valamennyi kísérletre alkalmas, s Melloni készüléke néven valamennyi fizikai gyűjteményben található.

A hősugarak visszaverődésének bebizonyítása után a törés kísérleti kimutatása következik. Melloni-nak előzetesen meg kellett mutatnia, hogy a hősugarak is a fénysugarak módjára bizonyos testeken áthatolhatnak, még pedig a nélkül, hogy azoktól teljesen feltartóztatnának. Melloni idevonatkozó vizsgálatai legérdekesebbek és legfontosabbak: semmi sem mutatja a hő- és a fénysugarak fizikai analógiáját oly világosan mint a Melloni kísérleti eredményei.

Nem hagyhatjuk azonban említetlenül, hogy a testek hőátbocsáthatósága Melloni idejében, sőt mondhatjuk, igen régi idők óta, persze csak részben, ismeretes volt. A gyűjtő lencsék gyűjtő hatásának ismerete egykorú a lencsék ismeretével; a hősugarak összegyűjtése a lencsékkel csakis a törés útján történhetett. Néhány fizikus, különösen de la Roche, észrevette, hogy a hősugarak némely átlátszó testen, például az üvegen a fény módjára pillanatnyilag áthatolhatnak a nélkül, hogy az üveget megmelegítsék; még pedig annál nagyobb mértékben hatolhatnak át, mentül magasabb a hőforrás mérséklete, elannyira, hogy a napsugarak majdnem semmi gyöngülést sem szenvednek. Ez az észlelet érthetővé tette a lencsékkel összegyűjtött napfény rendkívüli hőhatásait.

De ezek a régibb észleletek csak a fényes hősugarakra vonatkoztak, a sötét sugarak törését még senkisé is tanulmányozta.

Melloni első kísérleteiben az üveget vizsgálta meg. Ezután mintegy harminczhat különféle szilárd testből körülbelül 2.5 mm vastagságú lemezeket készített s ezeket a hősugarak útjába állította. Hasonlót tett huszonnyolcz különböző folyadékkal; továbbá négy különböző hőforrást, nevezetesen forró vízzel megtöltött koczkát, 400 fokra fölhevített rézlemezt, izzó platinadrótot, végre olajlámpát (Locatelli-lámpa) használt. E forrásokat a hőelektromos oszlop elé úgy állította föl, hogy a galvanométerben mindegyik ugyanazt a hatást idézze elő, tehát a leghevesebb forrás a legnagyobb, a leggyengébb pedig a legkisebb távolságban volt. E szerint az oszlopra eső hősugarak mennyiségre nézve egyenlők, de minőségre nézve különbözők valának, mert különböző hőforrásoktól származtak. Az ernyők módjára közbetett anyagok egyike sem bocsátotta át ugyanazon hőforrás sugarait egyenlő mértékben, sőt ugyanaz a lemez a különböző hőforrásokból kilövelt sugarakat nagyon is különféle arány szerint eresztette át. Csakis a kőso volt az egyedüli

kivétel; a kőso bármely hőforrás alkalmazása mellett a kisugárzott hőnek mindig 92 perczentjét eresztette át.

Melloni nagyszámú kísérleteiből világosan kitűnt, hogy a hősugarak épen úgy viselik magukat mint a fénysugarak, melyek a különbözőképen színezett ernyőkön majd kisebb, majd nagyobb mértékben hatolhatnak át. Melloni szerint "ha tapintásunk is olyan érzékeny volna mint szemünk, valószínű, hogy épen úgy a mint a különböző fénysugarak az érzésnek különböző nemeit, melyeket színeknek nevezünk, költik föl: épen úgy a különböző hősugarak különböző érzéseket keltenének föl. Mi a hőre nézve olyanok vagyunk, mint a milyenek a fényre nézve volnának azok, kik a színeket egymástól nem különböztethetnék meg s csakis a fénysugarak kisebb-nagyobb erőssége iránt volnának érzékenyek." A Melloni eredményeiből még kitűnt, hogy a fényre nézve legátlátszóbb testek a hőre nézve nem mindig átlátszóak. Így például a víz, a jég, a timsó stb. nagyon átlátszó testek, holott a sötét sugaraknak



csak nagyon kicsiny részét eresztik át; ellenben a fekete csillám vékony lemezei, mindamellett hogy teljesen átlátszatlanok, a kisugárzott hőnek 40-60 perzentjét eresztik át. Hasonló különbségek a folyadéknál is fordulnak elő; azonban Melloni-nak a folyadékra vonatkozó kísérletei nem döntőek, mert a folyadékokat üveg lemezek közé zárván, a hőáteresztés az üveg által módosított. Ez oknál fogva Tyndall a folyadékokat kőso-lemezek között vizsgálta meg.

Melloni vizsgálataival a fény és a sugárzó hő közötti hasonlóságok és különbségek világosan föl voltak tüntetve; nem maradt egyéb hátra, mint hogy az új dolgok új neveket kapjanak. Melloni a testeket diathermánoknak és athermánoknak nevezte el, a szerint, a mint a hősugarakat át bocsátják vagy nem; ez az elnevezés megfelel az átlátszóságnak és az át nem látszóságnak az optikában. Továbbá, valamint az átlátszó testek egy része színes, tehát csak bizonyos színű sugarakat bocsát át, úgy a diathermán testek egy része is csak bizonyos minőségű hősugarakat ereszt át;

Melloni ezt a tüneményt diathermanziának vagy hőszínezésnek (thermochrözis) nevezte el.

Melloni mármost azon volt, hogy a különböző testek hőszínét meghatározza. A kék üveg csak a kék, a vörös üveg pedig csak a vörös sugarakat ereszti át, tehát a kék üveg a vörös üvegen átment sugarakból semmit sem ereszthet át, s teljes sötétséget idéz elő. Ugyanez áll a különböző hőszínezetű testekre is: a timsón átment hősugarak többé nem mennek át a kvarczon, holott más anyagokon áthatolhatnak. A különböző testeket egymásután állítván, Melloni meghatározta a testek viszonylagos hőszínét.

E vizsgálatokból a fény és a sugárzó hő analógiája annyira meg volt állapítva, hogy már csak ez analógiából vonható következtetéseket kellett még kísérleti úton igazolni.

Melloni a sötét hősugarak törékenységét, még pedig különböző törékenységét kősóprizmával közvetetlenül bebizonyította; azonban a törés törvényeit, nevezetesen a törés-mutatót nem vezette

le. Később Forbes a különböző színű hősugarak mutatóját a Wollaston-féle totálreflexiós módszerrel meghatározván, ezt a hiányt teljesen pótolta.

Melloni továbbá bebizonyította, hogy a hősugarak is, épen úgy mint a fénysugarak, szétszórót (diffúz) visszaverődést szenvedhetnek. Fizeau és Foucault bebizonyították a hősugarak interferenciáját, A. Seebeck a diffrakcióját, Bérard, Melloni, Forbes és Knoblauch pedig a különféle módon előidézhető polározódását. Melloni észleleteinek továbbfejlesztésében kiváló érdemeket szereztek még Masson, Jamin, Tyndall, de la Provostaye és Desains. Tyndall 1860-ban feltalált egy igen érzékeny módszert, melylyel a gázoktól átbocsátott és elnyelt hőt meghatározta; kísérleteiből azt következtette, hogy az egyszerű gázoknak s ezek keverékeinek (mint péld. a levegőnek) hőnyelő képessége nincs, de ez a képesség az összetett gázok némelyikében igen nagy, s általában függ a molekulás szerkezettől. Ugyancsak Tyndall azt észlelte, hogy a legkevésbé

diathermán folyadékoknak gőzei is a legtöbb hőt nyelik el, minélfogva a vízgőzöknek, mint a legkevésebbé diathermán anyag gőzeinek, valamenynyi gőz között legnagyobb hőnyelő képességük van; Tyndall megmutatta, hogy a földtől kisugárzott sötét sugarak visszatartóztatására elég ha a levegő négy vagy öt méternyi rétegében egy fél-perczenyi gőztartalom van s azonnal átlátta e ténynek meteorológiai rendkívüli fontosságát. "Ha a Földet hóforrásnak tekintjük, mondja Tyndall, úgy hevéből a földfelülettől mért 10 lábnyi magasságig már legalább 10 százaléknak le kell tartatnia..... Könnyen elillanhatna a hó a Föld felületéről, úgy mint a magasban lévő gőztömegekből, ha vízgőz nem lenne a levegőben. A sugárzó hó átbocsátását illetőleg, a légkör fűtésének (azaz magának a levegőnek) valóban olyan a magaviselete, mintha jóformán üres volna."

Tyndall-nak imént idézett soraiból mindenki átláthatja, hogy valamely alapvető észlelet mily nevezetes eredmények forrásává válhat. Nem akarjuk azonban még tovább fűzni sorát azon ki-

váló eredményeknek, melyek Melloni munkáiban gyökeredznek, lássuk e helyett e munkák elvi jelentőségű következményeit.

Ezek legföltűnőbben akkor nyilvánultak, midőn a sugárzó hő törvényei már minden irányban megállapítottak. A hősugarak magaviseletéből következik, hogy azoknak a fénysugarakéval megegyező fizikai szerkezetük van; az interferenciás és diffrakciós kísérletek a hő hullámmozgása mellett tanúskodnak, a hősugarak kettőtörése és polározódása e hullámmozgás nemét, tranzverzálítását kétségtelenül meghatározta. Egész csoportja a nyomós okoknak, melyek a fény és sugárzó hő azonosságának föltevésére késztetnek! A Nap színeképének thermoszkopikus tanulmányozása kétségen kívülé tette, hogy a fény és a sugárzó hő közötti különbség nem e két hatónak fizikai természetében, hanem csupán ugyanazon törvényeknek különböző értékek szerinti quantitatív megfelelésében, és a ránk gyakorolt szubjektív hatásokban rejlik. Ezt az utóbbi különbséget, bár ez hátráltatta és nehezítette az

azonosság fölismerését, kritikai szempontból lényegesnek nem tarthatjuk, s ha még figyelembe vesszük az újabb kísérleti eredményeket, melyek szerint a világító sugarak hőhatásai fényhatásaiktól el nem választhatók, akkor a kétféle hatót bizvást azonosnak mondhatjuk.

A sugárzó hőre vonatkozó vizsgálatok tehát két hatónak objektív azonosságát kimutatván, a természeti erők összefüggéséről való ismereteinket igen nevezetes adattal gyarapították. Ehhez az első eredményhez a következtetések nevezetes lánczolata fűződik. A sugárzó hő a fénynyel azonos dolog lévén, az erélynek, nevezetesen a sugárzó erélynek egy bizonyos faja. A természeti erőknek, nevezetesen a hőnek anyagiasságáról alkotott képzeletek az új vívmányokkal szemben még tarthatlanabb helyzetbe jutottak, s a sugárzó hőre vonatkozó észleletek nagy befolyással voltak a vezetés útján terjedő hőre, vagyis a közönséges értelemben vett hőre vonatkozó általános képzeletekre. A sugárzó hő legközelebbi hatása a melegítő hatás, a sugárzó hő átváltozik a közön-

séges, mondjuk statikai hővé. Ez utóbbi kifejezéssel csak azért éltünk, hogy megkülönböztessük a testekben tényleg meglevő, s esetleg vezetés által tovább közölhető hőt attól a hőtől, melyről jogosan föltehetjük, hogy valamely hipotézises anyagnak mozgásától származik (mely tehát dinamikai hőnek volna nevezhető). Mármost mindamellett, hogy a sugárzó hő lényegétől az általános hő-konceptcióig nagy ugrás van, mi sem fekszik közelebb, mint az a már évszázadokon át táplált eszme, hogy általában a hő nem egyéb, mint a mozgás egyik neme. S valóban, a Melloni fölfedezései a leghathatósabb impulzust gyakorolták a hőelméletnek mechanikai, vagy mondjuk inkább kinematikai koncepcziójára. Azonban itt is újra ki kell fejeznünk azt a már többször hangsúlyozott körülményt, hogy a hőelméletnek igazán mechanikai alapját nem a hipotézises képzeletek, hanem egy a hőt a mechanikai erőkkel egyenértékesítő elméleti tény vetette.

II. Melloni élete és iratai. - Jelleme. - Halála.

Melloni, mint említettük, 1824-ben a pármai egyetemhez a fizika tanárává neveztetett ki, s ezt a tiszttét hét éven át töltötte be egyfolytában. Ez időszak alatt Nobili-val együttesen tett vizsgálati eredményét mindössze csak egy értekezésben tette közzé, mely értekezés azonban már előre sejteté ama behatóbb eredményeket, melyeket a tudomány Melloni-nak köszönhet.

Az 1831-iki politikai események Melloni csendes működését hirtelen megzavarták. A Közép-Olaszországban kitört forradalom hullámai átvették a pármai herczegség határain s február közepén nyílt lázadás tört ki; forradalmi kormány alakult s Mária Lujzának menekülnie kellett. A mozgalmak vezetésében Melloni-nak kiváló szerepe lévén, annak elnyomása után Parmát elhagynia s Franciaországba kellett menekülnie. Dole-ban tanszéket kapott; de ez az állomás tudományos törekvéseinek legkevésbé sem felel meg, csakhamar Genfbe ment s itt egy évig maradt; Pierre Prevost és August de la Rive a menekült tudóst legnagyobb előzékenységgel fo-



gadták, s de la Rive tudományos eszközeit és gyűjteményét készséggel rendelkezésére bocsátotta. Melloni Genfben gyűjtötte össze az anyagot ahhoz az első értekezéshez, melyet a szilárd és folyós testeken áthatoló hősugarakra vonatkozólag 1833-ban közzétett. E munkát az értékes vizsgálatok és közlemények tekintélyes sora követte.

Melloni Genfből Párisba ment, hogy munkáit az akadémiával közölje, s kísérleteit oly testület előtt hajtsa végre, mely azok értékét fölismerni és méltányolni tudja. Melloni csalódott; az akadémikusok részéről hidegen fogadtatott, s csakhamar átlátta, hogy egy akadémiai kedvező jelentés reményéről is le kell mondania. Azonban a kedvezőtlen kilátások Melloni erélyét épen nem csökkentették, s elhatározta, hogy vizsgálatai eredményeit emlékiratokban fogja közzétenni. Ezen az úton elérte célját; a tudományos világ legnagyobb elismeréssel volt Melloni iratai iránt; a Royal Society Faraday előterjesztésére és indítványára a párizsi fizikust a Rumford-éremmel

tüntette ki és Biot a francia akadémiához nagyon kedvező jelentést nyújtott be. Ennek folytán Melloni a híres testület levelező tagjává választatott.

E kitüntetések nem feledtették el Melloni-val hazáját. Honvágyát a tudományok szeretete növelte, mert bármily előzékenységgel fogadtatott is mindenütt, oly helyzetbe még sem jött, hogy tervezett kísérleteit végrehajthatta volna. Arago levelet intézett Metternich herceghez, s abban Melloni kiváló érdemeit élénk színekkel ecsetelvén, a herceg személyesen járt közbe a pármai hercegnőnél, hogy a száműzött tudós Itáliába visszatérhessen.

Melloni hazájába visszatérvén, kizárólag a tudományoknak élt. 1839-ben a Két-Szicília királya őt a nápolyi ipar- és művészeti múzeum és a vézuvi meteorológiai intézet igazgatójává (5000 lira évi javadalmazással) nevezte ki.

Az 1848-iki események Melloni-t ismét a politikai küzdelmek terére hívták, azonban a vég-

eredmény most sem volt kedvezőbb mint a 31-iki forradalomban. Melloni nem számüzetett ugyan, hanem hivatalait és javadalmazásait elveszíté, és semmi nyilvános funkciója többé nem lehetett. Melloni Portici-ba vonúlt vissza s a nélkül, hogy tudományos tevékenysége csökkent volna, a nyilvános szerepléstől egészen visszavonúlt.

Melloni iratai - a sugárzó hőre vonatkozókon kívül - a hősugárzás kozmikus tűneményeire, a Nap színeképre, a szem fiziológiájára, a fotografiára stb. vonatkoztak; mindegyik dolgozatában éles megfigyelő tehetsége és helyes ítéletével tűnt ki. A Nápoly melletti capri-i azur-barlang tanulmányozása után azt a nézetét fejezte ki, hogy a tenger tiszta és mély vizei az azur színű sugarakat visszaverik, ellenben a többieket elnyelik, mely nézeteket direkt kísérletekkel törekedett támogatni. Halála előtt egy hónappal az indukcióra vonatkozó vizsgálatai eredményeit A. de la Rive-vel közölte.

Melloni-t a nagyszámú formai kitüntetések ép oly kevésbé kapatták el, mint az egész tudományos világ elismerése. Dicsősége tetőpontján sem hitte, hogy leróta minden adóját, melylyel a tudománynak és hazájának tartozott. A tudomány érdekein kívül csak a hazájáéit ismerte; Itáliának szétszaggatottsága, politikai szerencsétlen helyzete mint annyi nemes hazafinak úgy neki is szívét keserűséggel töltötte el. Hazája boldogságának előmozdítása, ez volt az a motívum, mely őt a politikai küzdelmek hálátlan terére szólította, mely téren a sikernek pálmája nem koszorúzta hazaszeretetet sugallta nemes törekvéseit, sőt balsorsa tudományos pályájára is káros visszahatással volt. Annál fényesebbek voltak a tudományos téren kivívott eredményei, melyek nevét, mindaddig míg a tudományok és a független gondolkodás iránt való tisztelet élni fog, dicsőséggel fogják körülövezni.

Melloni 1854 augusztus 11-ikén Porticiban, kolerában halt meg.

## OHM

Georg Simon Ohm 1787 márcz. 16-án Erlangen-ben született. Atyja lakatos volt, s őt is erre a mesterségre szánta, azonban látván az ifjú gyorsan fejlődő tehetségeit, annak tudományos pályája elé akadályokat nem gördített. Ohm oly nagy szorgalommal tanult, hogy már 16 éves korában szülővárosának egyetemébe léphetett.

Ez időtől kezdve Ohm minden törekvése oda irányult, hogy magát a matematikai és fizikai szakokban lehetőleg teljesen kiképezze. Egyetemi tanulmányait befejezván, és doktorrá avattatván, kenyérkereset után kellett látnia. Először Nidau-ban (a berni kantonban) a matematika tanítója volt, ezután hasonló minőségben Neufchatel-ban és 1815 óta a bambergi reáliskolán működött. Mindezek az állomások nem valának alkalmasak arra, hogy Ohm tudományos törekvéseinek táplálékot nyújtsanak; az irodalomban is csak nehezen tájékozhatta magát, azokkal a segédeszközökkel pedig, melyeket a kísérleti vizs-

gálatok igényelnek, egyáltalában nem rendelkezett. E tekintetben helyzete valamivel javult, midőn 1817-ben a kölni jezsuita-collégium gimnáziumához a fizika tanárává neveztetett ki. Már a következő évben közzétette geometriai tanulmányainak eredményeit s bűvárlatait a fizika megoldatlan kérdéseire is kiterjesztette; kölni tanár korában vetette alapjait azon híres vizsgálatoknak, melyekkel nevét a fizikában megörökítette. De a tér, melyen Ohm működött, sem ambícióját nem elégítette ki, sem pedig a tudományos vizsgálatokra megkívántató eszközökkel el nem láthatta. Ohm törekvéseinek megfelelőbb állomást keresett, s ilyet egyelőre a berlini katonai iskolánál elnyert tanszékből talált, mely állomását 1826-tól 1833-ig töltötte be.

Ohm is azon fizikusok közé tartozott, kik a Volta találmánya és az ez által rövid idő alatt kivívott váratlan eredményektől elragadtatva, egyik legfőbb céljokul a dinamikai elektromosság tanainak fejlesztését tűzték ki. Midőn Ohm az önálló bűvárkodás mezejére lépett, Volta osz-

lopának chemiai és hőhatásai már ismeretesek valának. E hatásokhoz járultak 1821-ben az Oersted feltalálta mágnességi hatások, mi által a dinamikai elektromosság tünetényei már elég változatosak voltak arra, hogy a különféle hatásformák erélye részint egymás között, részint pedig magával a Volta oszlopával való közvetetlen összefüggésükben alapos vizsgálatok kiinduló pontjai lehessenek.

A fizikusok egyik főtörekvése volt, hogy az oszlop hatásait erősítsék. E törekvés következtében a Volta találmányának külső formája csakhamar lényeges változásokon ment át; de a mióta az oszlop chemiai hatásai ismeretesek valának, azonnal föltűnt, hogy az elektromos áram erősségének kérdése a fémek és folyadékok kombinációja által helyesen csak úgy oldható meg, ha magában a telepben végbemenő hatások kellő figyelembe vétetnek. E tekintetben Ritter, a másodrendű oszlop feltalálója, igen sokat fáradozott, de a nélkül, hogy biztos megállapodásra jutott volna. Minden körülmény között az mu-

tatkozott, hogy az oszlop erélye nemcsak a használt alkotórészek chemiai minémiségétől, hanem egyszersmind az oszlop berendezésének módjától függ; bizonyos hatásokat kevés számú, de nagy fölületű elemmel lehetett sikeresen előidézni, s kitűnt, hogy az elemek számának szaporítása nagyon keveset használ; ellenben másutt a hatások annál erélyesebbek valának, mennél nagyobb volt az elemek száma. Hogy e különbségek oka nemcsak az elemek fizikai természetében, hanem még az elektromos áram haladására befolyással lehető körülményekben keresendő, arra még senki sem gondolt; egy szóval, az oszlop mathematikai elmélete, mindamellettt hogy a kísérleti tények már szép számmal voltak, még hiányzott.

E hézagnak betöltése volt az a feladat, melyre Ohm vállalkozott, s a melyet fényesen meg is fejtett. A körülmények, melyek között Ohm a kérdés megfejtéséhez fogott, mint már említettük, lehetőleg kedvezőtlenek valának. Azonban Ohm fölismerte a hiányok mibenlétét, látta, hogy



hol kell segíteni, egyszóval, tisztában volt a megfejtendő kérdéssel; mely körülmény, tekintettel arra, hogy a jól fölített kérdés már félig meg is van fejtve, nagyban elősegítette a kérdés gyors és sikeres megoldását. Az experimentális eszközök hiányát önerejéből pótolta, s nagy segítségére volt ritka kézi ügyessége, melyre még gyermekkorában apja műhelyében tett szert, s ily módon képes volt szerény eszközökkel is igazolni elméleti nézeteit. A kísérlet és spekuláció egyidejű alkalmazása képesítette Ohm-ot, hogy az elektromos áram tüneményének alaptörvényét levezethesse.

Ohm átlátta, hogy az oszlop matematikai elméletéről addig szó sem lehet, míg az anyagok vezetőképességének törvényei nem ismeretesek. Első törekvései erre a pontra irányultak, s már 1825-ben közzétette a vezetés törvényét, melyet az elektromos oszlop működésével szerves összefüggésbe hozván, csakhamar feltalálta az áramerősség kísérleti törvényét. Nem maradt egyéb hátra, mint hogy ezt a törvényt elméleti

alapra fektesse. A megelőző nagyszámú kísérleti eredmények által a tények állásáról kellő tájékozást szerezvén magának, a munka ezen részének befejezése nem sokáig váratott magára. 1827-ben önálló műben tette közzé a galván-láncz matematikai elméletét. Lássuk először vizsgálatainak kísérleti részét.

Ohm eleintén egy Wollaston-féle oszloppal dolgozott. Emez oszlop áramának erőssége változó ugyan, azonban Ohm e hátrányt az által megelőzte, hogy az áramot hosszabb időn át keringtetete, míg végre majdnem egészen állandóvá lett s valamennyi kísérletét úgy hajtotta végre, hogy az áramot sohasem kellett megszakítania. Ezen az úton Ohm némely fém vezető képességét oly módon határozta meg, hogy megkereste az egyenlő keresztmetszetű drótok azon hosszúságait, melyeket az áramba iktatván, a galvanométerben ugyanazt a kitérést idézték elő. Továbbá kimutatta, hogy az egyenlő minőségű drótok *a-equivalensek*, ha hosszúságuk arányos keresztmetszetükkel. A hidro-elektromos oszlop változan-

dósága a behatóbb vizsgálatok elé jelentékeny akadályokat gördített, midőn azonban Poggendorff a hőelektromos oszlop áramának állandóságára figyelmeztette, Ohm a többi kísérleteit a hőelektromos oszloppal hajtotta végre. Ohm egy bizmút-réz elemet használt; az egyik forrasztó helyet forró víz gőzével, a másikat pedig olvadó hóval vette körül, mi által teljesen állandó áramot kapott.

Ohm galvanométere tulajdonképpen torzió-mérleg volt.

Finom fonálra hosszú és vékony mágnespálcát függesztett föl, s az egészet úgy rendezte be, hogy a meg nem sodrott fonálon függő pálcza a mágnesi délkör irányába esett. A pálcza alatt csekély távolságban kifeszített egy drótot, melyen az áramot vezette át. Midőn az áram zárva volt, a tű kitért a mágnesi délkörből, de a földmágnesség és a fonál torziójának hatása miatt arra törekedett, hogy az eredeti helyzetbe visszatérjen. A fonál kellő elcsavarása által a pálczát visszave-

zette az eredeti helyzetbe; ekkor az áram a tűvel párhuzamos, tehát hatása a tűre merőleges s a torzióval egyensúlyban volt. Az áram erősségének mérésére a torzió szöge szolgált. Ez a módszer kényelmetlen, de igen pontos volt s valóban Ohm kísérletei voltak az elsők, melyekkel az áram erőssége pontosan határoztatott meg; mert a Davy és más fizikusok kísérletei alig nyújtottak megközelítő pontosságot.

A pontos kísérletek hosszú sorával Ohm megállapította azt a törvényt, hogy az áram intenzitása (vagy a mint ő nevezte: nagysága) arányos egy, az oszlopot jellemző állandóval s fordított viszonyban van az ellenállásokkal. Ez az eredmény vezette az oszlop matematikai elméletének levezetésére, melyet *Die galvanische Kette* című művében tett közzé.

E munka előszavában a szerző a következőket mondja: "A körülmények, melyek között eddig éltem, nem voltak alkalmasak arra, hogy kedvemet, ha ezt a köznapi élet ridegsége meg-

rontással fenyegette, újra fölélésszék, sem pedig arra, a mi pedig mégis csak elkerülhetetlenül szükséges, hogy engem a hasonló művekre vonatkozó irodalomnak egész terjedelmével megismertessenek; ennél fogva próbaszerepemhez olyan darabot választottam, melynél a konkurrencziától legkevésbé kellett tartanom."

Mivel ez a "próbaszerep" megállapította a galván-láncz elméletét, helyén lesz, hogy a szerző gondolatmenetének főbb vonásaival megismerkedjünk.

Az egész munka három alaptörvényre van fektetve. Az első törvény az elektromosságnak a test belsejében való elterjedése módját fejezi ki. Ohm abból a föltevésből indult ki, hogy az elektromosság a test egyik részecskéjéről a mellette fekvőre közvetlenül megy át, továbbá, hogy ez átmenet nagysága egyébként egyenlő körülmények között arányos a szomszédos két elemben levő elektromos erők különbségével. E föltevések azonosak a hővezetés elméleti alapelveivel.

A második törvény az elektromosságnak a levegőbe való szétszóródására vonatkozik; e törvény nem egyéb, mint a Coulomb-féle szétszóródási törvény, melynek az áramló elektromosságnál egyébiránt nagyon kevés szerepe jutott.

A harmadik törvény az érintkező elektromosság keletkezés-módjára vonatkozik s Ohm által következőképen fejeztetett ki: Ha a különmemű testek egymással érintkeznek, az érintkező helyen az elektroszkópos (azaz az elektroszkóp által kimutatható) erőiknek egy és ugyanazon különbségét állandóan megtartják.

Látjuk tehát, hogy ezek az alapelvek, a mennyiben a másodiknak csak alárendelt szerep jutott, függetlenek a statikai elektromosság elveitől, s az egész tárgyat a hő elméletével párhuzamba állítják. Ez alapelvekkel vezette le Ohm az elektromosság mozgásának törvényeit, melyek bizonyos pontig, a kiinduló pontok azonosága miatt, a hővezetés törvényeihez hasonlóknak valának. De éppen az alapelvek emez analógiája

adott később alapos ellenvetésekre alkalmat, s ha mégis az Ohm elméleti eredményei a tapasztalással összhangzásban voltak, ez azt mutatta, hogy a használt elvek, legalább az Ohm által felhasznált alakban, elméleti szempontból jogosultak valának. Annyi bizonyos, hogy Ohm teljesen meg volt győződve a hőmozgás és az elektromosság mozgásának analógiájáról. "Az ily módon kapott differenciális egyenletek alakja és tárgyalása, mondja Ohm, a hőmozgásnak Fourier és Poisson által felállított képleteihez annyira hasonlók, hogy már ebből, ha egyéb okok nem volnának is jelen, egészen jogos következtetést vonhatnánk a két természettünemény bensőbb összefüggésére, s mennél bővebben puhatoljuk ki az azonosságnak ezt a viszonyát, annál szembetűnőbbé válik az."

Midőn Ohm az általa kitűzött feladat megfejtéséhez fogott, az elektromos áramnak kétféle előállítás-módját kellett figyelembe venni. Az elsőt, a Volta-félét, chemiai hatások komplikálták; a második, a Seebeck által feltalált mód, az áram

keletkezését és áramlását lehető legegyszerűbb színben tüntette föl. Ohm elméleti fejtegetéseit az utóbbi esettel kezdte meg. A hőelektromos elem egyszerűsége lehetővé tette, hogy Ohm fejtegetéseivel egy legegyszerűbb esetből kiindulhasson, s fokozatosan átmehessen azokra az esetekre, midőn a zárt láncz több különmemű vezetőből van összetéve s abban több elektromótoros erő működik, a mi közvetetlenül rá vezette a hidroelektromos oszlop elméletére.

Ohm az áram tüneményét először egy mindegyenlő vastag homogén gyűrűben vizsgálta meg. Föltette, hogy a gyűrűnek csak egyik keresztmetszetében van elektromos feszültség, tehát csak egy helyen indíttatik meg az elektromosság mozgása. Az első és harmadik alapelv segítségével megmutatta, hogy az egész gyűrűn át az elektromos erő egyenletesen változik, s csak a megindító helyen van egy a feszültséget előidéző hirtelen, de állandó ugrás. Ezután áttér arra az esetre, midőn a zárt láncz két különmemű, de egyenlő vastag vezetőből van összetéve, a hol



tehát két helyen van elektromos feszültség. Az elektromos erő változását szemléleti módszerrel tünteti elő, s azt az egyenessé kinyújtva képzelte vezetőhöz hajló egyenes vonallal tünteti föl, mely vonal ordinátái megfelelnek az illető helyen levő elektromos erőnek, s ott, a hol az elektromosság megindíttatik, ez a vonal hirtelen megtörik s egy a vezetőre merőleges vonalba megy át. Ez a szemléleti módszer az elektromos erők változását az egyenes vonal hajlása vagy esése által tüntetvén elő, Ohm az áramlás erélye vagyis az esés alatt olyan ordináták különbségét érti, melyek egymástól a távolság egységében vannak. A több vezetőkből összetett láncznál többféle esésnek kell előfordulnia, mert az elektromos erők változása a feszültséget előidéző okok folytonos működése miatt az időtől független lévén, a vezető bármely keresztmetszetéhez az egyik irányban annyi elektromosság jő, mint a mennyi a másik irányba elfolyik, a mi a különféle szerkezetű vezetőből összetett láncznál csak úgy lehetséges,

ha az áramlás gyorsasága a különböző vezetőképességekből eredő különbségeket kiegyenlíti.

Ohm ezután meghatározza az esés nagyságát a vezetők szerkezetéből, s arra az eredményre jut, hogy az egynemű vezetőknél az esések fordított viszonyban vannak a keresztmetszetekkel, egyenlő keresztmetszetű, de heterogén vezetők-nél pedig fordított viszonyban vannak a vezetőképességekkel; mely eredmények általánosítása már nem jár semmi nehézséggel.

Miután Ohm ily módon az elektromosság szétosztásának módját megállapította, a vezető bizonyos pontjában működő elektromos erő abszolút értékét határozza meg. Az áram intenzitását vagyis a keresztmetszet-egységen átmenő elektromosság mennyiségét Ohm a vezető képesség és az esés szorzományaival fejezi ki, miből a keresztmetszet figyelembe vételével az egész keresztmetszeten átáramló elektromosságot vagy az áram nagyságát számítja ki. Az eredmény, mely az áram nagyságának a láncz mindegyik helyén

való állandóságát már alakjánál fogva is fölis-merteti, azt mondja, hogy "Valamely galván lánczban az áram nagysága arányos a feszültségek összegével, s fordított viszonyban van az egész láncz redukált hosszúságával, hol a redukált hosszúság alatt a láncz homogén részeihez tartozó valódi hosszúságokból és a megfelelő vezetőképességek és keresztmetszetekből alkotott hányadosok összege vagyis az összes ellenállás értendő."

Ez a törvény, melyre Ohm már kísérleteiből következtetett, a dinamikai elektromosságnak a lánczok mindkét nemére egyaránt érvényes legfőbb törvénye. Hogy mily módon fejtí meg ez a törvény az áram sajátoságos tüneményeit, azt Ohm számtalan esetre mutatta ki. E törvényben az elektromos oszlop elektroszkópos tüneményei, melyeket Ohm előtt már több fizikus észlelt, egyszerű magyarázatukat lelik; ez a törvény azt mutatja, hogy az áram nagysága a galván-láncz mindegyik helyén ugyanakkora s csupán csak az elektromosság szétoztó módjától függ,

tehát változatlan marad, ha az elektromos erőt a láncz valamely pontján érintés által vagy más módon megváltoztatjuk, mely eredmények már a Becquerel és Bischof kísérleti vizsgálataiból kintűntek; elektromosságnak hozzávezetése vagy elvezetése a láncz áramát, mindaddig, míg a hozzávezetés vagy elvezetés a láncznak csak egy egyedüli pontjára hat, nem változtatja.

Az általános törvényből folyó legérdekesebb következmények azok valának, melyek a láncz különféle berendezéséből eredő hatásokra vetettek világosságot. Az Ohm törvényéből azonnal kiderült, hogy a feszültségekben és a redukált hosszúságokban, tehát a vezetők valódi hosszúságában, a vezetőképességben és a keresztmetszetben előidézett változások az áram nagyságát változtatják, s Ohm törvényeiből a változások nagysága pontosan meg volt határozható. Az elektromos oszlopnak az előtt érthetetlen saját-szerűségei egyszerre magyarázatukat lelték. Lát-ni való volt, hogy a láncz állandó redukált hosszúsága mellett az elemek alkotórészeinek külö-

nös berendezése, mindaddig, míg a feszültségek ugyanazok maradnak, az áram erősségére befolyással nincs.

Az áram erőssége változatlan marad akkor is, ha a feszültségek és a redukált hosszúságok ugyanabban az arányban változnak. Innét van, hogy valamely láncz, melyben a feszültségek összege egy másik láncz feszültségeihez képest igen csekély, mégis a másik láncz áramával egyenlő erősségű áramot adhat, ha benne a redukált hosszúságok megrövidítése által a feszültségek hiánya pótoltatik, mely körülmény a legelősebben föltüntette a hidroelemek és a hőelemek között való különbséget. Az előbbeniekben a nagyobb feszültséggel a folyós vezető nagy ellenállása, tehát jelentékeny redukált hosszúsága áll szemben, holott az utóbbiban, mivel ez csupa fémes vezetőkből áll, a feszültségnek nem kell jelentékenynek lennie, hogy a hidroelem áramával egyenlő erősségű áramot hozzon létre; a mint azonban mind a két lánczon ugyanazt a változtatást hajtjuk végre, például ha mind a két lánczba

ugyanakkora ellenállást iktatunk, akkor ez a hőelektromos láncz ellenállását a hidrolánczéhoz képest, mely már amúgy is igen jelentékeny, aránytalanul nagyobbítja, tehát a hidroláncz e változtatás után is még tetemes hő- és chemiai hatásokat hozhat létre, holott a thermoláncz e hatásokra nézve teljesen elgyengült. A hidroelemekben a folyadékok ellenállása a fémekéhez képest rendkívül nagy lévén, a fémek ellenállása elhanyagolható, miből az a fontos eredmény következik, hogy egyenlő feszültségű hidroelemekben az áram erőssége a folyós vezető keresztmetszetével növekszik, a mi azonban csak addig áll, míg a fémek ellenállása a folyadékokéhoz képest csakugyan elhanyagolható. Mivel továbbá bizonyos ellenállások kiiktatása és új ellenállások beiktatása által az összes ellenállás és a feszültségek változatlanok maradhatnak, tehát az áram erőssége is változatlan maradhat, nyilván való, hogy a be- és kiiktatott részek ellenállásai egyenlő keresztmetszet mellett valódi hosszúságaikkal arányosak, mely szabály segít-

ségével a vezetők ellenállása igen pontosan meghatározható. Ezt a módszert Ohm és Becquerel számos fém ellenállásának meghatározására tényleg felhasználták. Mivel továbbá tetszésszerinti új ellenállások beiktatása után csak az áram erőssége változik, de az elemben a feszültség és a folyós vezetők ellenállása, vagyis a belső ellenállás változatlan marad, két kísérlet által, ha az áram erőssége megmérték és a beiktatott ellenállás eleve ismeretes, mind az elektromótoros erő, mind pedig a belső ellenállás meghatározható, mely módszer szintén Ohm-tól ered.

Ohm-nak a törvénye segítségével sikerült kimutatnia, hogy az elemek összekapcsoló módja az áram erősségére, mint eredményre nézve egyáltalában nem közönyös, s megmutatta, hogy a lánczolatos összekapcsolás csak akkor hasznos, ha a fémes vezetők ellenállása jelentékeny, különben pedig az egész oszlop csak annyit ér, mint egy magányos elem; ellenben a nagylapú összeköttetés csakis akkor hasznos, ha a fémes vezetők ellenállása a belső ellenálláshoz képest igen

csekély, s egyszersmind levezette azt a szabályt, mely szerint több elem kombinálendő, hogy az áram erőssége a maximumot elérje. Az összekapcsoló módokból eredő különbségek nem ismerése, mint ezt Ohm megmutatta, volt oka annak, hogy a különböző észlelők adatai egymástól eltértek. A kísérleti vizsgálatok érdekében hasonló szolgálásokat tett Ohm az által, hogy földerítette az okokat, melyeknél fogva egy és ugyanazon multiplikátor a különböző lánczokban vagy különböző multiplikátorok ugyanabban a lánczban sajátságosan változó hatásokat mutatnak.

Egy igen szép alkalmazása az Ohm-féle törvénynek, az áramok szétágasztására, szintén a törvény feltalálójától ered. Az áramok szétágasztása, melynek később a dinamikai elektromosság tanában kiváló szerep jutott, Ohm idejéig alig vétetett figyelembe. Ohm elméleti úton levezette az áram erősségét az egyes ágakban s az eredményeket kísérletileg ellenőrizvén, az elmélet és tapasztalás között teljes összhangot talált. Pog-



gendorff és Kirchhoff később a szétágazás különböző eseteit értékes vizsgálatokra alkalmazták.

Az által, hogy Ohm az áram erősségét állandónak, tehát az időtől függetlennek tételezte föl, továbbá hogy a vezetést csak az egyik méret irányába vette figyelembe, lehetséges volt a galvanláncz elméletét egészen elemies módon tárgyalnia. Előadásának egyszerűsége és szemléleti módszereinek kézzelfoghatósága a legalkalmasabb eszköz arra, hogy a kezdőt az elektromos oszlop matematikai elméletébe vezesse, s tárgyalása az értékéből soha sem fog veszíteni. Mindazonáltal Ohm nem mulasztotta el, hogy elméletét szigorú analitikai úton is kifejtse.

E kifejtés alkotja a galvanische Kette című művének második részét.

Az Ohm elméletének magva az állandó áramokra vonatkozik; a változó elemeket csak annyiban vette figyelembe, a mennyiben ezeknél az áramból kiinduló chemiai hatások az áramra ismét visszahatnak. Munkájának ebben a részében

is mindenütt alapos felfogásról és éles ítéletről tesz tanubizonyságot, csakhoggy akkor még az elektrochemia elvei nem állottak olyan biztos alapon, hogy a kort elérkezettnek láthatta volna arra, hogy eme sokkal komplikáltabb kérdés tanulmányozásába mélyebben merüljön. S mégis sikerült az elmélet ezen nehezebb részeinek szolid alapját vetnie, s akkoriban a kapott eredményekről méltán elmondhatta, hogy azok "megfelelnek minden kérdésre, melyek a chemiai szétbontásra és az elektromos áramnak ez által okozott változására vonatkozólag fölvehetők s ennek következtében biztos alapjai e tünemények egy elméletének, melynek befejezése már csak a kísérletek új hozzájárulására vár, nehogy egy egész rakás problémás anyagnak felhalmozása által filozófiai ürességbe tévedjen."

Ohm az áram előidézte chemiai változásokat az elektromos erőnek a lánczban való sajátyszerű eloszlódásának tulajdonította. Ha valamely láncz valamelyik keresztmetszetében olyan lap van, mely az elektromos vonzásoknak és taszítások-

nak enged s melynek mozgását mi sem akadályozza, akkor Ohm szerint a zárt lánczban annak félre kell tolatnia, mert e vonzások és taszítások a folyton változó elektromos erő következtében a két oldalán különbözők. Ohm számítás által meghatározza a félre toló erő nagyságát. Hogy már most ne csak a lap térbeli helyváltozásairól, hanem magáról a chemiai szétbontásról számot adjon, az elektrochemiai nézeteknek megfelelőleg fölteszi, hogy amaz egyoldalú nyomás az összetett test különböző alkotórészeire nemcsak különböző erővel, hanem a legtöbb esetben még ellenkező irányban is hat, mi az alkotórészek egymástól való eltávolodását eredményezi. Ohm a galvánláncznak ezt a tevékenységét szétbontó erőnek nevezi, s azon volt, hogy az erő nagyságát az egyes esetekre meghatározza. A meghatározásnál az elektromosságnak az anyagi részecskékel való összefüggését oly módon képzei, hogy az elektromosság a testek által betöltött térben a tömeg aránya szerint ömlik szét, mely föltevésből arra a nevezetes következtetésre jut,

"hogy a láncz szétbontó ereje egyenes viszonyban van az áram erősségével s azonkívül még egy, az alkotórészek természetéből s keverés-arányukból kifejezendő tényező által határozandó meg". Látni való, hogy Ohm elméleti úton állította föl a Faraday elektrochemiai fölfedezéseinek programját.

Bár az Ohm levezette törvények a tapasztalásnak teljesen megfeleltek, az egész elmélet ellen kifogásokat mégis lehet tenni. Az alapelvek, melyekből Ohm kiindult, nem tekintve a szétszóródásnak itt nem jelentős törvényét, függetlenek az elektrostatikának Coulomb-féle alaptörvényeitől. Elvégre itt is azt lehetne mondani, hogy minden hipothézis mindaddig jó, míg a tapasztalati törvények egyikével sem ellenkezik, s az Ohm eredményei, mint est a későbbi behatóbb kísérleti vizsgálatok teljesen igazolták, a tapasztalással minden esetben a legszebb összhangban vannak, mégis, mivel az elektromosság mechanikai alap-tüneményei tapasztalati úton megállapítottak, már az első pillanatra is a dolog természetétől tá-

vol fekvőnek látszik az az eljárás, mely a természeti hatók egy egészen másik fajához, a hőhöz folyamodik, hogy az áramló elektromosság törvényeit amannak alapelveiből vezesse le. Coulomb bebizonyította, hogy az elektromos tömegek a távolság négyzetével fordított viszonyban vonzzák vagy taszítják egymást, s a kísérletekből kitűnt, hogy az elektromosság csak a testek fölületén székel s ezen bizonyos, matematikailag megállapítható törvények szerint van szétosztva. Egészen rendjén valónak látszik tehát, hogy az elektromos áram elmélete az elektromosság alap-tüneményeire vonatkozó emez alapelvekből induljon ki, vagy hogy az elmélet ez alaptörvényekkel legalább is szerves összefüggésbe hozas-sék. De mindezeket az Ohm elmélete nem teszi. Szükségese nek látszott tehát, hogy az Ohm eredményei az elektrostatika alapelveiből kiinduló elméletből vezetessenek le. E feladat megfejtése a Kirchhoff érdeme; e kiváló fizikus megmutatta, hogy az áramokra vonatkozó törvények levezet-hetők oly alapelvekből, melyek a statikai elektro-

mosság törvényeivel semmi ellenmondásban nincsenek, sőt bebizonyította azt is, hogy mind a nyílt, mint pedig a zárt áramban az elektromosság csakis a vezetők fölületén székelhet. Ugyancsak Kirchhoff az Ohm elméletét kiterjesztette olyan vezetőkre, melyeknek két jelentős méretük van, azaz vékony lapokra, s Smaasen e vizsgálatok eredményeit kiterjesztette az olyan testekre is, melyeknek mind a három mérete figyelembe veendő.

Az Ohm eredményei még kísérleti szempontból is szigorúbb megállapításra vártak. Az Ohm kísérleteinek magukban véve elegendő bizonyító erejük volt ugyan, de mivel csak hőelektromos elemekkel - akkoriban más állandó elemek nem voltak - hajtottak végre, általános bizonyító erőre teljes igényt nem tarthattak. De az Ohm eredményeinek ebből a szempontból való általános és teljes igazolása szintén csak az idő kérdése volt.

Az Ohm elméletének egyik fényoldala, hogy az áram mechanikai szerkezetét a vezető egész

hosszúságában világosan szemléltethetővé teszi. A kísérleti igazolásnak egyik módja abban áll, hogy az áram szerkezete, tehát elektromos feszültségek kiegyenlődése, vagyis az elektromosság esése, kísérletileg megállapítatik. Ilyen kísérleteket Ohm is hajtott végre, de Ohm előtt már Ermann is kimutatta, hogy az áramot záró vezetők nemcsak szabad elektromosság van, hanem azt is, hogy a szabad elektromosság ereje a sarkoktól való távolsággal arányosan fogyatkozik, s a vezető közepén semleges pont van. Azonban ilyenmű pontosabb mérések csak akkor váltak lehetővé, midőn Kohlrausch a torzió-elektrométer és a kondenzátor segítségével igen csekély mennyiségű elektromosságok pontos mérésének módját találta fel. E készülék segítségével Kohlrausch az Ohm elméletét teljesen igazolta.

A kísérleti igazolásnak második módja az elmélet eredményének, vagyis az áramerősség, az elektromindító erő és az ellenállások között való összefüggés bebizonyításában áll. Ezt az utat Fechner követte, kinek vizsgálatai az Ohm törvé-

nyének általános elismerést szereztek. Fechner nem használt ugyan állandó elemeket, de nagyszámú és minden lehető eszközökkel módosított kísérleteit annyi gonddal s olyan bámulatra méltó pontossággal hajtotta végre, hogy Ohm elméletének vagy legalább is az elmélet eredményének szigorúságában többé senki sem kételkedhetett. Midőn Daniell 1836-ban az állandó elemeket feltalálta, Ohm törvényének kísérleti bebizonyítása a második módszer szerint éppen olyan könnyen vált kivihetővé, mint például a milyen egyszerű módon valának kimutathatók a szabadesésnek kezdetben oly merészeknek látszó törvényei a lejtő vagy az esés-gép által.

Ha figyelembe vesszük, hogy az Ohm elmélete az elektromos áramnak addig oly rejtélyes tünetényeire egyszerre teljes világosságot vetett, hogy ez az elmélet aránylag rövid idő alatt kísérleti úton is minden irányban fényesen igazoltatott, azt kellene hinnünk, hogy az rövid idő alatt általánosan elterjedt és általános elismerésben részesült. Ez azonban nem történt meg. Igaz



ugyan, hogy azok a fizikusok, kik nem röstelték a fáradságot, hogy az Ohm munkáját alaposan tanulmányozzák, azonnal fölsimították, hogy Ohm a dinamikai elektromosság legfontosabb törvényét fedezte föl, de az ilyen fizikusok száma csekély volt, a mi annyival is inkább föltűnő, mivel az elektromosság terén rövid idő alatt tett nagyszámú találmányok a közfigyelmet a fizika emez ágára vonták. Különösen pedig a francia fizikusok egészen ignorálták az Ohm elméletét, s vele a galvanische Kette megjelenése után csak nagyon későn foglalkoztak, a mikor is Pouillet az állandó elemek segítségével az Ohm eredményeit kísérleti úton levezette. Ez a máskülönben kitűnő fizikus, tekintet nélkül az Ohm vizsgálatai óta eltelt 18 évi időszakra, - hogy keményebb kifejezést ne használjunk, - elég tájékozatlan volt arra, hogy a fölfedezés elsőbbségét magának vindikálja, s Ohm-ról a következőképen nyilatkozzék: "Ő volt az első, a ki a kérdést föltette, s a nélkül, hogy tudtam volna, hogy ő azt föltette, én voltam az első, ki azt megfejtette. Ő az eredményt a kalku-

lus segítségével tapogatódzva mutatta meg, holott én azt tisztán láttam s a kísérletezés által valószínűsítettem meg." De az Ohm fölfedezése saját hazájában sem járt jobban. Itt ugyan nem akadtak utólagos fölfedezők, azonban mindamellett, hogy a német fizikusok egy része azon volt, hogy az Ohm törvényének teljes elismerést szerezzen, találkoztak tudományos (?) körök, melyek az Ohm munkáját a badarságokkal egy kategóriába sorozták. Angolország ismerte el először Ohm kiváló érdemeit: a Royal Society 1841-ben őt a Copley-éremmel, az elsőrendű munkák számára fentartott kitüntetéssel jutalmazta meg. Ugyanez évben jelent meg a galvanische Kette angol fordításban, míg a francia fordítás (Gauguin-től) csak 1860-ban (Párizsban) jelent meg.

A mellőzés, melyben Ohm részesült, e kitűnő férfiú munkakedvét és a tudomány iránt való szeretetét nem csökkentette. Hogy tevékenységének alkalmasabb tért szerezzen, berlini állomásáról lemondott; 1833-ban a norimbergai politechnikai iskolánál kapott tanszéket, melyet 1849-ig töltött

be. Az elektromosság ezentúl is kedves tárgya maradt, de a fizika többi ágait is jelentős vizsgálatokkal gazdagította. Ezek közül első helyen említendőek az akusztikára vonatkozó értekezései, melyekkel az elméleti akusztikai vizsgálatok új sorát nyitotta meg. Ohm még két optikai dolgozatot s egy mechanikait tett közzé, és *Beiträge zur Molekular-Physik* cím alatt egy nagyobb munkát akart írni, de e műnek csak az első bevezető része (*Elemente der anal. Geometrie im Räume am schiefwinkl. Coordinatensystem*, Nürnberg, 1849. 4o) jelent meg. Írt ezen kívül még egy fizikai tankönyvet is (*Grundzüge der Physik*, Nürnberg, 1854.).

Ohm-nak sokat kellett a fizika érdekében tennie, míg végre egyetemi tanszékhez juthatott. Csak 1849-ben neveztetett ki a müncheni egyetemhez a kísérleti fizikának rendkívüli, 1852-ben pedig rendes tanárává. Ez állomásán való működésének csakhamar véget vetett 1854-ben jul. 7-én Münchenben bekövetkezett halála.

Ohm öccse, Martin Ohm (sz. 1792. Erlangenben) eleintén szintén a lakatos-mesterséget tanulta, de később a tudományos pályára lépett, 1824-ben a berlini egyetemen a matematika tanárává lett. Martin Ohm nem annyira eredeti vizsgálatait, mint inkább matematikai kitűnő tankönyvei által vált híressé.

# FARADAY



FARADAY.

I. Faraday ifjúsága. - Alkalmazása a Royal Institution-ben. - Első kísérletei.

A fizika elsőrangú művelői között kevés olyan egyént találunk, ki szintén csak önereje segítségével a tudomány magaslatára emelkedve, eszméi gazdagsága, kísérletező ügyessége s az ezt nyomban követő nagyszámú és fényes fölfedezéseivel a fizika tartalmát annyira kibővítette és a tudományos új kutatásoknak annyi fényes mezéjét megnyitotta, mint Faraday. Élettörténete nem egyéb, mint hosszú sora a legszebb fölfedezéseknek, melyek egy része a fizikát új ágakkal gyarapította, s ezt figyelembe véve, bátran mondhatjuk, hogy élettörténete egyszersmind a fizika történetének egyik legjelentősebb fejezete.

Michael Faraday 1791 szept. 22-én a London közelében fekvő Newington-ben született; atyja, ki kovács volt, épen úgy mint az anyja s a többi elődei, igen szigorú vallásos elveknek hódolt, de valami különös tehetség által nem tűnt ki. Faraday egyszerű származásának megfelelt a nevelé-

se; ő maga mondá a következőket: "Nevelésem a legközönségesebbek közé tartozott s csak az írás, olvasás és a számolásnak egy népiskolában elsajátított elemeire szorítkozott. Szabad óráimat otthon vagy pedig az utcán töltöttem."

Tizenhárom éves korában Riebau-hoz, egy londoni könyvkereskedőhöz (a Blandford Street-en), ki egyúttal könyvkötő is volt, inasnak állott be, hogy a szokásos hét évet a mesterség teljes elsajátítására fordítsa. Faraday jól választotta meg mesterségét: az a kevés idő, melyet a könyvkötő munkája vagy kevés szabad ideje alkalmával a bekötendő könyvek lapjainak megtekintésére fordíthat, Faraday-nak elegendő volt, hogy az iskolai képzés hiányát, legalább részben, pótolja. Maga Faraday mondá: "Inas koromban nagyon szerettem a kezembe került tudományos könyveket olvasni, s ezek közül a Mrs. Marcet Beszélgetései a chemiáról és az Encyclopaedia Britannica értekezései az elektromosságról különösen megtetszettek. Az olyan egyszerű kísérleteket, melyek költségeit néhány pence-nyi heti

jövedelmemmel fődözhettem, végrehajtottam; úgy szintén egy elektromos gépet, először üveg-palaczkból, később valóságos czilinderből, valamint több e fajta elektromos eszközt készítettem." Faraday ily módon, a mellett hogy a mesterséget tökéletesen elsajátította, elegendő ismereteket szerzett arra nézve, hogy kiváló szelleme diadalmas pályafutását a legelső kedvező alkalmmal azonnal megkezdhesse. Az ifjú Faraday önképző módjáról még meg kell jegyeznünk, hogy az üzletbe véletlenül került könyvekből szerzett ismereteit, a mennyire lehetett, rendszeresítette, mint erről egy terjedelmes kézírata, melyet inas korában szerkesztett, világosan tanúskodik.

Faraday plakátok útján tudomást vett egy Tatum nevű fizikusnak a saját házában, a Dorset Street-en tartott előadásairól. Gazdája engedelmével s Robert nevű bátyjának segítségével (ez fizette meg a belépti díjat) az esti órákban eljárhatott a Tatum előadásaira, melyek közül mint-



egy tizenkettőt hallgatott. Faraday ekkor 20 éves volt.

A leendő fiatal fizikus, ki időközben geometriai tanulmányokkal is foglalkozott, sokkal többet ízelet már a tudományból, sem hogy leghevesebb vágyának, mely a tudományos pályára készítette, ellenállhatott volna: a szorgalmas és iparkodó könyvkötő megutálta mesterségét s csak kedvező alkalomra várt, hogy a tudományok szolgálatába szegődhessék. Faraday ekkor már oly készülékeket állított össze, melyek messze túlhaladták a kezdő primitív kísérleteit. Tatum házában megismerkedett két fiatal emberrel; az egyik, Huxtable orvosnövendék, a másik Benjamin Abbott kereskedősegéd volt. Ez a két tudománykedvelő ifjú Faraday vágyait még inkább élesztette, ezekkel közölte Faraday a legkorlátoltabb körülmények között végrehajtott kísérleteinek eredményeit.

1812-ben Dance, a Royal Institution egyik tagja, ki Faraday gazdájával üzleti összeköttetésben volt, Faraday-t bevezette a S. Humphry Davy

utolsó négy előadására. Faraday szerényen meghúzódott a karzaton, s az előadásokhoz jegyzeteket és rajzokat készített. "A vágy, hogy tudományos dolgokkal foglalkozzam, ezt jegyzé föl később Faraday, a világgal való ismeretlenségemmel és kedélyem együgyűségével arra készítetett, hogy még inas koromban Sir Joseph Banks-nek, a Royal Society elnökének írjak. A portásnál a felelet után tudakozódtam, persze hiába." Mégis, a Dayy előadásai voltak azok, melyek Faraday-t véglegesen a tudományos pályára vezették. Ugyanis Faraday jegyzeteit megküldötte Davy-nek, még pedig avval a kéréssel, hogy eszközölné ki neki, hogy a Royal Institution-en valami alkalmazáshoz juthasson. Davy azonnal fölismerte az ifjú rendkívüli tehetségeit, s 1812 decz. 24-én levélben megígérte neki, hogy a következő év január végével, a mikorra utazásából vissza fog térni; személyesen ki fogja hallgatni, s iparkodni fog, hogy kívánságának lehetőleg eleget tegyen.

Ezt megelőzőleg a Faraday tanuló-évei leteltek s 1812 okt. 8-án mint könyvkötősegéd gazdát

cserélt. Új gazdája annyira zaklatta a segédeit, hogy Faraday csakhamar átlátta, hogy sokáig nála nem maradhat. Pedig a gazdája nagyon fényes ígéretekkel marasztalta, sőt azt is ígérte, hogy, mivel gyermekei nincsenek, vagyonának egyedüli örökösévé őt fogja megtenni. Faraday a Davy ígéretére várakozva, gazdájánál maradt, s esténként el-eljárt a Tatum házában összegyülekező City philosophical Society-be. Ez a társaság a közép és az alsóbb osztályokból való 30-40 tagból állott, a tagok minden második szerda estéjén összegyűltek, hogy különféle tudományos kérdéseket megvitassanak; a közbeeső szerdákon pedig felváltva nyilvános előadásokat tartottak; a társaság igen szerényen lépett ugyan föl, de tevékenysége a tagjaira nézve nagy haszonnal volt. Tatum 1812-ben Faraday-t a társaság tagjául beíratta.

Végre megérkezett Davy, s miután Faraday neki kijelentette, hogy régi szándéka mellett híven megmaradt, őt a Royal Institution laboratóriumába asszisztensül fogadta. Faraday természet-

ben való lakást és hetenként 25 shilling fizetést kapott.

Faraday egyelőre elérte vágyai netovábbját: állandó alkalmat volt, "hogy a természetet műveiben szemlélje, s hogy azt az okot-módot, mellyel a világ rendjét és összefüggését vezérli, figyelemmel kísérje."

Davy 1813 őszén Olaszországba utazandó volt, s fölszólította Faraday-t, hogy mint "természettudományi segéd" útjában kísérné. Miután Faraday-t biztosította, hogy visszatérése alkalmával az asszisztensi állomást számára fentartja, Faraday engedett a kérésnek s az ekkor már nagyhírű tudóssal Franciaországon, Svájcban és Tirolon át Olaszországba utazott.

Faraday, ki az előtt London környékén túl nem volt, ez utazásból igen nagy hasznot merített. Míg maga az utazás szellemi látókörét tágította, addig a Davy-val való szorosabb érintkezés tudományos ismereteinek fejlődésére a legjótékonyabb befolyással volt. Faraday sűrűn írt anyjáj-

nak, kihez gyermeki benső szeretettel ragaszkodott és Abbott barátjának; azonkívül naplót vezetett, még pedig csak azért, "hogy a látott dolgokat a jövőben időkben szelleme elé idézhesse."

Faraday 1815 ápril végén tért vissza Londonba s a Royal Institution elnöke által újra alkalmaztatott. Faraday most, különösen a chemiában, igen nagy haladást tett, s már képes volt a Davy-től reá bízott könnyebb elemzéseket végrehajtani. Első közleménye a Royal Institution által kiadott The Quarterly Journal of Science című folyóiratban jelent meg, s a Montrose hercegnő által Davy-nek küldött toscanai kausztikus mészke elemzését tárgyalta.

1816 jan. havában Faraday a City Philosophical Societyben egy 17 chemiai előadásból álló ciklust kezdett meg. Ugyanebben az évben Brande tanár előadásainál is asszistensként működött, miáltal teendői, nem is említve önálló kutatásait, rendkívül megsaporodtak. A Royal Ins-

titution, tekintettel a Faraday rendkívüli elfoglaltságára, évi fizetését 100 font sterlingre emelte.

Faraday 1818-ig több kisebb értekezést tett közzé: 1818-ban a zengő lángokra vonatkozó kísérleteket hajtott végre, s vizsgálatai oly alaposak valának, hogy az eredményekből de la Rive-nek e lángokra vonatkozó elméletét hiányosnak tűnethette föl.

Egyes kisebb dolgozatokat a következő években is tett közzé, bár főttörekvése oda irányult, hogy az előljáróitól reá bízott teendőket elvégezze és a saját ismereteit gyarapítsa. 1820-ban egy értekezést írt a chlór és a szén két új vegyületéről és a jód, szén és hidrogén egy új vegyületéről; ez az értekezés a Royal Society előtt fölolvastatott s első dolgozata volt, mely abban a megtiszteltetésben részesült, hogy a Philosophical Transactions-be fölvétetett.

Faraday 1821-ben Brande tanár távollétében, a Royal Institution házának és laboratóriumának

felügyelőjévé neveztetett ki. Ugyanez évben (jun. 12-én) megnősült. Előzetesen engedélyt kért, hogy nejével a Royal Institution-ben lakhas-sék. Faraday az engedélyt megkapta s nejével abba a lakosztályba költözött, melyet az előtt Young, Davy és Brande foglaltak el.

E helyen nejével negyvenhat éven át boldogan élt.

II. A mágnesek és az áramok forgása. - A gázok megsűrítése. - Egyéb dolgozatok. - Faraday kitüntetései.

Midőn Oersted és Ampère fölfedezéseinek hí-re Angolországba jutott, az angol fizikusok figyelme első sorban a tárgy experimentális része felé fordult. Wollaston arra törekedett hogy a mágnestűnek az áram okozta kitéréseit folytonos forgássá alakítsa át, s fordítva is, a mágneseknek az áramokra gyakorolt hatása az áramok folytonos forgását idézze elő. Wollaston ez eszméinek megvalósítását 1821 elején Davy és Faraday jelenlétében a Royal Institution laboratóriumában

kísérlette meg. Faraday, kinek figyelmét a tárgy azonnal magára vonta, most az elektromágnesség tüneteményeit kezdte tanulmányozni. A mondott évben Thomson *Annals of Philosophy* című folyóiratában több értekezést tett közzé az elektromágnesség történeti fejlődéséről, s e műveivel tényleg rá lépett arra a térre, melyen később anynyi dicsőséget volt aratandó.

Faraday azonnal átértette a Wollaston eszméit s iparkodott, hogy a mágneses forgásokat kísérletileg önállóan megvalósítsa. Nem lesz érdektelen, ha megismerkedünk Faraday-nak e tárgyra vonatkozó és a matematikai mechanikai felfogástól eltérő sajátyszerű felfogásával. Faraday a forgások lehetőségét nem a vonzások és taszítások okszerű kombinációjának, hanem az áram közvetetlen forgató hatásainak tulajdonította, a mint ez a de la Rive-hez 1821 szept. 12-én intézett levelének következő soraiból kitűnik:

"A mágnesűnek a vezető drót előidézte közönséges vonzásait és taszításait csalódásoknak



tekintem; e vonzások tényleg sem vonzások vagy taszítások, sem pedig valamely vonzó vagy taszító erő eredményei, hanem inkább hatásai egy, a drótban levő erőnek, mely a helyett hogy a tű sarkát a dróthoz közelíteni vagy ettől eltávolítani törekednék, azt inkább egy körben folytonosan forgatni törekszik, míg az elektromos oszlop működik. Sikerült e mozgás jelenlétét nemcsak elméleti, hanem kísérleti úton is kimutatnom, és sikerült elérnem, hogy tetszés szerint egy drót egy mágnessark körül, vagy pedig egy mágnessark egy drót körül forogjon. A forgás törvénye, melyre a tű és a drót egyéb mozgásai visszavezethetők, egyszerű és szép. Képzелjen ön egy drótot, mely az északi sarkot a délivel oly formán köti össze, hogy az északi vége valamely telepnek pozitív, a déli vége pedig a negatív sarkával van összekötve, akkor egy mágneses északi sark folytonosan a körül forogna, még pedig fölül a Nap látszólagos iránya szerint keletről nyugatra, alul pedig nyugatról keletre. Ha a teleppel való összeköttetést megfordítjuk, a sark mozgása el-

lenkező. Vagy pedig ha a forgató erő hatásának a déli sarkot teszszük ki, ennek mozgásai az északi sarkéival ellenkező irányúak lesznek. "

"Ha a drótot engedjük a sark körül forogni, a mozgások az említettekkel megegyeznek..... Abban a helyzetben voltam, hogy e mozgást, a mint ez az Ampère spiráldrótjai stb. által előtűntetve van, a különböző formáiban figyelemmel kísérek, s mindegyik esetben megmutathassam, hogy különnevű sarkok taszítanak is meg vonzanak is, s hogy egynevű sarkok vonzanak is meg taszítanak is, minek folytán azt hiszem, hogy a spiráldrót és a közönséges mágnesrúd közötti analógiát világosabban mutattam meg mint azelőtt. S mégsem fogadtam el azt a nézetet, mely szerint a közönséges mágnesben elektromos áramok vannak. Nem kételkedem abban, hogy az elektromosság a spiráldrót köreit ugyanabba az állapotba teszi, mint a miképen a köröket a mágnesrúdban elképzelni lehet, de nem vagyok biztos abban, vajjon ez az állapot közvetlenül az elektromosságtól függ-e, vagy pedig hogy más

erők által is nem idézhető-e elő, s azért az Ampère elméletében mindaddig fogok kételkedni, míg az elektromos áramok jelenléte a mágnesekben a mágneses hatásoktól eltérő hatásokkal ki-mutatva nem lesz."

1821 karácsony napján sikerült Faraday-nak egy áram átfutotta drótot a Föld mágneses sarkai-val is folytonos forgásba hoznia. E találmányok fölötti öröme rendkívül nagy volt, azonban ugyane találmányok többféle kellemetlenséget okoztak neki. Wollaston és a Royal Society más tagjai Faraday-t többé-kevésbbé nyíltan vádolták, hogy a Wollaston eszméit elsajátítván, illetlensé-get követett el már avval is, hogy a kísérleti meg-valósítást nem Wollaston-nak engedte át, és egy-általában elmulasztotta a Wollaston eszméit for-rásokul megnevezni. Faraday-t e vádak nagyon bántották, s bár az eszmék tisztázása végett Wol-laston-nal közvetetlen érintkezésbe lépett, az ügy kellemetlen utóíze sokáig megmaradt, sőt még Faraday-nak a Royal Society-be való fölvételét is megnehezítette.

Faraday 1823-ban a chlórhidrátot elemezte. Davy azt a tanácsot adta neki, hogy a hidrátot nyomás alatt zárt üvegcsőben hevítse. Ez megtörténvén, a hidrát megömlött s a csövet sárga gőz töltötte be; e gőz két különböző folyadékra vált szét. Midőn Faraday a cső végét lereszelte, a cső tartalma explodált s az olajnemű folyadék eltűnt. Ez a folyadék nem volt egyéb, mint a nyomás által folyósított chlór. Faraday ezután ugyanazt az elemet szivattyúval sűrítette meg.

Davy a gázok saját nyomásuk okozta megsűrítését a sósavgázra is alkalmazta. Faraday folytatta e kísérleteket és sikerült több gázt, melyeket addig állandóknak tartottak, folyósítania. Egyik kísérleténél explózió miatt tizenhárom üvegszálka vágódott a szemébe, de komolyabb baja nem esett. 1844-ben újra hozzáfogott a vizsgálatokhoz, s a folyósítható gázok számát tetemesen szaporította. Vizsgálatai utóbbi sorában több gázt az által sűrített meg, hogy azokat közönséges nyomás mellett rendkívül lehűtötte; hűtőszerül a szilárd szénsav és az éter keverékét használta. Ily

módon sikerült a cziánt, az ammoniakot, a kénhidrogént, az arzénhidrogént, a jódhidrogént, a brómhidrogént, sőt még a szénsavat is folyósítania s egyúttal ez anyagok gőzeinek nyomását alacsony mérsékleteknél meghatározni.

Faraday nagyszámú kísérleteiből világosan kitudt, hogy a gázok nem egyebek, mint igen alacsony mérsékleteknél forró folyadékok gőzei. E kísérletek, melyek az úgynevezett állandó gázoknak a legújabb időkben történt megsűrítésével betetőztettek, a legalaposabban világosítanak föl a testek molekulás szerkezetéről.

Faraday 1825-ben feltalálta a benzolt, mely az anilin festékek gyártása által újabb időkben igen nagy fontosságra tett szert. A következő évben ismét a fizikához tért vissza: a párolgás hatásait fürkészte. Faraday alapos és biztos vizsgálataiból azt következtette, hogy még a kéneseő párolgásának is van határa s annál biztosabban hitte, hogy a földi légkör mit sem tartalmaz a Föld szilárd alkatrészeiből. A híres experimentátor itt oly kon-

jekturákba bocsátkozott, melyek a teljes bizonytalanság jellegéből még jelenleg sem vetkőztek ki.

A Royal Society 1825-ben egy bizottságot küldött ki az optikai célokra gyártott üvegek megvizsgálására és eshetőleg javítására. A bizottság tagjai Faraday, John Herschel és Dollond valának. A bizottság működése négy éven át tartott; 1827-ben Faraday a Royal Institution udvarán felállított olvasztó-kemenczében tett kísérleteket és sikerült is igen nagy sugártörésű üveget előállítania, azonban az üveg nagyon lágy volt. Faraday e kutatások eredményét 1829-ben a Royal Society-nek három fölolvasásban mutatta be.

Faraday 1831-ben a hangfigurák egy különös nemének elméletét tette közzé. Ugyanis tapasztaltatott, hogy igen könnyű testek, például a boszorkányliszt, a zengő lapoknak nem a csomóvonalain, hanem a rezgő részein gyűlnek össze, holott a homok mindig a csomóvonalokon torlódott össze. Faraday kimutatta, hogy a könnyű

testek a lap rezgő részei fölött keletkező kicsiny forgó szelektől ragadtatnak el, holott a súlyosabb homokszemekre e szeleknek befolyásuk nincs.

Faraday tudományos dolgozatai, melyek közül csak a legfontosabbakat említettük, szerzőjük nevének a tudományos világban osztatlan tiszteletet vívtak ki. Az elismerés már 1823-ban többrendbeli kitüntetésben nyilvánult: ebben az évben történt, hogy Faraday a francia akadémia levelező tagjává, a flórenczi Accademia de georgofili tagjává, a Cambridgei Philosophical Society és British Institution tiszteletbeli tagjává megválasztott. Ugyanebben az évben történt, hogy Faraday a Royal Society huszonkilencz tagja által e híres társaságba való fölvételre ajánltatott. Azonban Faraday megválasztatása nem ment oly simán végbe; irigyei annyira vitték a dolgot, hogy a híres fizikusnak maga Davy, a társaság elnöke ajánlotta, hogy a megválasztásra tett ajánlatot vonja vissza, illetőleg vonassa vissza. Faraday e kényes ügyben oly szilárd és oly nemes magatartást tanúsított, hogy végre ellenfelei is beszüntet-

ték cselszövényeiket s Faraday 1824 jun. 8-án a Royal Society tagjává megválasztatott.

Mindazonáltal Faraday eddigi munkássága csak előjátéka volt ama nagyszabású tudományos tevékenységnek, mely a fizikai tudományt ép oly meglepő, mint következményeikben legmeszszebb ható eredményekkel gazdagította. Úgy látszott, mintha a természet csak a Faraday experimentátori elmésségére várt volna, hogy addig rejtegetett titkait egyszerre kinyilatkoztassa.

### III. Az indukált áramok.

Faraday nagyszabású fölfedezéseit, melyekkel a vizsgálatoknak egészen új mezejét nyitotta meg, túlnyomó számmal az elektromosság terén tette.

A nagy eredmények, melyek Faraday előtt ezen a téren a jelen században elértettek, a következők valának:

- az elektromos áramok kölcsönhatásai;
- az elektromos áram mágnesező hatásai;



az elektromos oszlop;

az elektromos áram chemiai hatásai;

az elektromos áramnak a mágnessűre gyakorolt hatása;

a forgás-mágnesség;

a hőelektromosság.

E fölfedezések és az ezeket nyomban követő jelentős tények mind egymás közötti szoros kapcsolatuknál, mind pedig sokoldalúságuknál fogva a tények alapos és biztos ismeretét kívánták meg attól, ki avval a merész szándékkal lépett az elektromos kutatások terére, hogy az eddigi nagy eredményeket újakkal, még pedig az eddigiekhez méltókkal gyarapítsa. Ez ismeretekkel Faraday bőven rendelkezett. Tudományos képességeit Tyndall a következőképen jellemzi: "1831-ben szellemi nagysága tetőpontján találjuk őt; negyven éves volt, telve ismeretekkel és teremtető erővel. Tanulmány, előadások és kísérletek által az elektromosság egész mezejét a magáévá tette, áttekintette, hogy hol homályos még ez a mező, és

hogy mely pontokban látszott lehetségesnek ismereteinek bővítése."

Az indukció tünetényei ily pontok valának. Tudva volt, hogy valamely elektromos testnek jelenléte elegendő, hogy egy másik testet meg-elektromozzon; tudva volt, hogy a mágnes jelenléte elegendő, hogy a vasat megmágnesezze: nagyon természetesnek látszott tehát, hogy az elektromos áram jelenléte is elegendő, hogy egy zárt vezetőben áramot idézzon elő.

Azonban az utóbbi pontra nézve az experiméntátorok kísérletei hajótörést szenvedtek; a zárt vezetők közelében levő áramok a vezetőkben új áramokat nem hoztak létre. Faraday-nak tudomása volt e kísérletek balsikeréről. Mindazonáltal ő csak akkor hitt valamely kísérlet sikertelenségében, ha erről személyesen meggyőződött s ez oknál fogva nem röstellette, hogy a mások által sikerteleneknek talált kísérleteket 1831 őszén ismétlje.

Faraday egy fahenger körül két dróttekercset csavart, az egyiket egy teleppel, a másikat pedig egy érzékeny galvanométerrel kötötte össze. Az áram keringett, de a galvanométer tűje nyugodtan maradt. Faraday az oszlop tíz eleméhez még száztíz elemet csatolt. Midőn az áram keringett, hatás nem mutatkozott ugyan, de Faraday figyelmét nem kerülte el egy mellékkörülmény, mely tulajdonképeni várakozása körén kívül esett: valahányszor az áramot zárta, a tű mindannyiszor kitért, hogy az áram folytonos működése után nyugalmi helyzetébe ismét visszatérjen; valahányszor az áramot megszakította, a tű ismét mindannyiszor kitért, még pedig az előbbenivel ellenkező irányban.

Faraday e tüneményekből azt következtette, hogy az áram megindításánál és megszakításánál a zárt vezetőben pillanatig tartó áramok keletkeznek, s azonnal kimutatta hogy ez áramoknak elseje az oszlop áramával ellenkező, a másodika pedig az oszlop áramával megegyező irányú. Az indukált áramok föl voltak találva.

Faraday eleintén abban a nézetben volt, hogy a galvanométerrel összekötött tekercs, mindamellett hogy az oszlop áramának teljes megindítása után a tű nyugodtan maradt, nem volt természetes állapotban, mert a természetes állapotba való visszatérését az oszlop áramának megszakítása után a mágnesű jelezte. Eddigi kutatásai fonalán továbbá fölfedezte még azt is, hogy elegendő egy zárt vonalba összetekert drótot egy árammal átfutott dróthoz közelíteni vagy tőle távolítani, hogy a semleges vezetőben pillanatnyi áramok keletkezzenek, mely áramok a közelítésnél az oszlop áramával ellenkező, a távolításnál ugyanavval megegyező irányúak valának.

Mindezek a fölfedezések a Faraday öntudatos törekvéseinek eredményei valának; a véletlen játéknak semmi szerep sem jutott. Faraday indukált áramokat keresett, s azokat, persze várakozásától eltérő alakban, meg is találta. Azonban Faraday kombináló szellemének sikerült e tünemények csoportját tetemesen kibővítenie. Faraday tudta, hogy a vas az elektromos árammal mágne-

sezhető, s a hatások kölcsönösségébe vetett erős bizalommal fogott e hatás megfordításának kísérleti bebizonyításához. Egy vasgyűrűre két szigetelt drótot úgy tekert fel, hogy a tekercsek végei a gyűrű szemben fekvő részein feküdtek. Az egyik tekercset az elektromos oszloppal, a másikat pedig a galvanométerrel kötötte össze. Abban a pillanatban, midőn a gyűrű az egyik tekercs hatása miatt mágnessé vált, a másik tekercscsel összekötött galvanométer tűje oly hevesen lódult meg, hogy többszörös körülforgásokat tett. Ugyanilyen s az előbbenivel csak irányra nézve ellenkező hatás mutatkozott abban a pillanatban, midőn a vas megszűnt mágnessé lenni.

Miután ez a tény meg volt állapítva, Faraday fürkésző szelleme könnyen megtalálta az általánosításokat. A gyűrűt egyenes rúddal helyettesítvén, ugyanazokat a hatásokat találta. Ezután a lágyvasat nem árammal, hanem aczélmágnessel megosztás által mágnesezte; az eredmény mindig ugyanaz volt. Végre a vasat teljesen mellőzte, s az indukált áramokat egyszerűen az által hozta

létre, hogy egy dróttekercsbe egy állandó aczél-mágnesnek egyik sarkát dugta, vagy ezt a tekercsből kihúzta.

Evvel be volt bizonyítva, hogy a mágnesek elektromos áramokat épen úgy indukálhatnak, mint maguk az áramok. Ez a tény Faraday-t egy oly tünemény okainak földerítésére vezette, mely tünemény, mindamellett, hogy már hét év óta ismeretes volt, a fizikusok előtt meg nem fejtett rejtvényként állott. Arago feltalálta a forgásmágnességet, mely abból állott, hogy egy fémkorong fölött lengő tű gyorsabban jött nyugalomba, mint máskülömben, továbbá, hogy a tű alatt gyorsan forgó fémkorong a kezdetben nyugvó tűt a forgás irányában tovaragadta. Arago, Ampère, Poisson, Babbage és Herschel minden irányban megvizsgálták e tüneményeket, a nélkül, hogy kielégítő elméleteket felállíthattak volna. Babbage és Herschel Arago kísérletét megfordították, a mennyiben egy vízszintes korongot egy alatta felállított s középvonala körül gyorsan forgatott patkó-mágnes hatásai által lassú forgásba

hoztak; azonban a hatások kölcsönösségén kívül egyebet ez a kísérlet sem derített föl.

Faraday az indukció fölfedezése után elérkezettnek látta az időt, hogy a tűnemény elméletét föllállítsa. A forgó mágnesség valamennyi tűneményét a mágnesek által a vezető tömegben indukált áramoknak tulajdonította, s az indukciónak kísérletileg megállapított törvényeiből könnyű volt a bekövetkezett hatásokat megmagyaráznia. Az elmélet és a tapasztalás közötti összhangot semmi ellenmondás sem zavarta meg; azonban a híres experimentátor az elméletek dolgában ép oly óvatos volt, mint a forgás-mágnesség feltalálója s mindaddig nem nyugodott meg az elméletben, míg a mozgó korongokban levő áramok jelenlétét közvetetlenül meg nem mutatta.

Faraday egy rézkorong tengelyét és karimáját egy galvanométer drótjaival összekötván, a korongot a Royal Society gyűjteményében levő nagy patkómágnesnek sarkai között gyorsan for-

gatta, s valóban, a galvanométer tűjének a forgás irányától föltételezett kitérései állandó áram jelenlétéről tanúskodtak.

Ez a kísérlet az elméletet egészen biztos tapasztalati alapra fektette. De Faraday azon volt, hogy az áramok keletkezésének elméletét lehetőleg szabatosná tegye, s ez oknál fogva még egy újabb vizsgálatot tett. A mágnesek sarkaira tapadó vasreszelék bizonyos vonalakban csoportosúl; Faraday e vonalakat mágnesi erővonalak-nak nevezte el, s megmutatta, hogy az indukált áramok keletkezésének szükséges, de egyszersmind elegendő föltétele az, hogy a vezető tömegek ezeket az erővonalakat kellő irányban átmessék.

Faraday e szép fölfedezéseit 1831 nov. 24-én terjesztette a Royal Society elé. Már a következő év elején ugyanezen tárgyra vonatkozó újabb eredményeket mutatott be. A Földet mágnesnek tekintve, kigondolta, hogy miképen lehetne a Földdel áramokat indukáltatni. Egy dróttekercsbe vaspálczát dugott, s midőn a pálczát az inkliná-



ció-tű irányába emelte, a tekercsben áram keringett; ugyanez történt akkor is, midőn a tekercset az inklináció-tűvel párhuzamosan felállította s csak ezután dugta be a pálczát. Hogy a Föld okozta indukciót még közvetetlenebbül kimutassa, rézkorongot vízszintes síkban úgy forgatott, hogy a korong a földmágnesség erővonalait átmesse; most a galvanométer folytonos áram jelenlétét mutatta. Midőn a korong a mágnesi déllőben, vagy az inklináció-tűn átvezetett bármely más síkban forgott, a galvanométer tűje nyugodtan maradt. Faraday továbbá megmutatta, hogy azok a mágneses hatások, melyeket Barlow-nak Herschel ajánlatára tett kísérleteiben egy gyorsan forgatott vasgolyó mutatott, a Föld által indukált áramokra vezetendők vissza, s hogy a golyónak nem kell szükségképen vasból lennie, s elegendő, hogy az elektromosságot vezesse.

Faraday a Barlow kísérleteit sárgaréz golyóval még föltünőbb eredménynyel ismételte. Ezután az a gondolata támadt, hogy a sárgaréz golyót magával a földgömbbel helyettesítse: drótból

kört készített s ezt merőlegesen felállította, a kör közepébe pedig mágnesűt függesztett föl. Midőn a drótot kelet felé lehajtotta, a tű északi sarka nyugat felé tért ki, s ellenkező kitérés történt, midőn a drótot nyugat felé hajtotta le. Ezután egy mágnesrudat merőlegesen állított föl, a rúd egyik sarkát s a közepét egy galvanométerrel kötötte össze; midőn a rúd tengelye körül gyorsan forgott, a galvanométer tűje állandó áram jelenlétét mutatta.

E kísérletek szép sikere Faraday-t még merészebb koncepczióra bátorította föl: bebizonyíthatónak vélte, hogy a Föld tengelye körüli forgása által áramokat indukál. Azonban az idevonatkozó kísérletei, bár experimentátori összes elmésségét vétette latba, eredménytelenek maradtak. Mindazonáltal Faraday annyira meg volt győződve következtetései helyességéről, hogy elméleti szempontból szükségképen való következménynek tartotta, hogy legalább is ott, hol nagyobb víztömegek folynak, áramoknak kell képződniök.

A mondottakból világosan kitűnik, hogy egy magánosnak látszó tény, az áramok okozta indukció, a Faraday kezei között mennyi alapos következtetést s e következtetések alapján mennyi új fölfedezést eredményezett. De az indukció tüneteményeinek sora még nem volt kimerítve. Tapasztaltatott, hogy az áram megszakításánál a záródrótok között élénk szikra ugrik át, s ha a záródrótba emberi test van iktatva, a test heves ütést érez. Faraday átlátta, hogy e tünetemények nem lehetnek az áram közvetlen hatásai, s egyzersmind megtalálta a dolog magyarázatát. Ugyanis megmutatta, hogy az áram a zárásnál és a megszakításnál a saját vezetőjében pillanatnyi áramokat indukál, még pedig a zárásnál a főárammal ellenkező irányút, a megszakításnál pedig megegyező irányút; az első a főáramot egy pillanatra gyöngíti, az utóbbi pedig erősíti. Faraday az ilyen áramokat extra-áramoknak nevezte s azokat 1835 elején ismertette.

Az indukció feltalálásával a vizsgálatok hosszú sora nyílt meg, de a Faraday feltalálta tények

elvi jelentőségű új találmánynyal nem szaporodtak. Az experimentátorok legközelebbi törekvése az indukált áramok erősítése volt. A feladat két részre oszlott: az elektromos és a mágneses indukció fokozására. A feladat első részének megfejtése előbb sikerült: s Ruhmkorff gépe a fizika legbecsesebb eszközei egyikévé vált. De a mágneses indukció tökéletesítése is csak idő kérdése volt.

Miután Faraday megmutatta a módját, hogy miképen lehet a mágnesekkel pusztán csak a kelő mozgások előidézésével áramokat létrehozni, a mechanikusok és fizikusok által már csak az a probléma volt megfejtendő, hogy mily módon lehet a mechanikai munkát elektromossággá a legcélszerűbben átalakítani. Eleintén az ellenkező átalakítás foglalkoztatta az elméket: az elektromos áramok mágnesező hatásait ügyes mechanikusok folytonos mozgások előidézésére, elektromágneses motorok szerkesztésére használták föl. Azonban e gépeknek csak akkor lehetett gyakorlati hasznuk, ha az alkalmazott erőforrás olcsó-

ság tekintetében a többi erőforrással a versenyt kiállhatta volna; de mind a kísérleti, mind pedig az elméleti vizsgálatok kiderítették, hogy az elektromágneses gépek gazdasági hatásának növelése csakis az áram erősítésétől várható, már pedig az elektromos oszlopokkal előállított erős áram minden körülmény között nagyon költséges erőforrás, minélfogva az elektromágneses gépek azon fizikai eszközök körében maradtak, melyeknek gyakorlati jelentőségük nincs. Az indukció feltalálása új irányt jelölt ki: az áram előállítása mechanikai munkából, ez volt az a probléma, melynek megfejtése sokkal több gyakorlati eredménnyel kecsegtetett. S valóban, a legnagyobb elmésséggel és kitartással végrehajtott kísérletek nem maradtak fényes eredmény nélkül; igaz, hogy az indukció feltalálása után negyven év telt el, míg a feladat teljesen kielégítő módon fejtetett meg, de ez a negyven évi időköz annál fényesebben tanúskodik arról, hogy az emberi szellem elvetette nemes mag előbb-utóbb meghozza áldásos gyümölcseit. Az indukált ára-

mok, melyek az indukció csecsemőkorában csak a Faraday galvanométerének tűjét térítették ki, jelenleg az emberiség jólétének egyik leghatalmasabb tényezőivé váltak: a ki az indukciós telegráf jótéteményeit élvezi, vagy a ki az indukált áramok gyógyító hatása által testi szenvedéseitől szabadul meg, annak ép oly hálás tisztelettel kell viseltetnie Faraday emléke iránt, mint a hullámoktól hányatott hajósnak, kit a világító tornyokon lobogó elektromos tűz biztos révpartra vezet. Faraday teljes öntudatában volt annak az áldásos eredménynek, melyet a jövő idők tálmányából teremni fognak, s mégis, Faraday volt az az ember, kiről egyik barátja elmondhatta, "hogy fölfedezéseit inkább meg se tette volna, ha szellemét a gyakorlati haszonra való tekintet nyugtalanította volna". Faraday a haszonélvezet legkecsegtetőbb kilátásai mellett is csak a tudomány szolgája maradt, s megelégedett a kezdeményezés dicsőségével. "Kíváncsabbnak látszott előttem, ezt írta 1831-ben, hogy a mágnes-elektromos indukciótól függő új tényeket és vo-

natkozásokat kutassak föl, sem mint hogy a már meglevőknek hatásait fokozzam, abban a szilárd meggyőződésben, hogy az utóbbiak teljes kifejlődése a későbbi időkben nem fog elmaradni."

IV. Faraday elektrochemiai fölfedezései. - Az elektromos áram, a vezetés, és az indukció elmélete.

Faraday még be sem fejezte az áramok és a mágnesek kölcsönhatásaira vonatkozó vizsgálatait, s az elektrochemiát már is szép eredményekkel gazdagította. Valamint az indukcióra vonatkozó vizsgálatai, úgy az elektrochemiaiak is nem forogtak egy különálló tény körül, hanem a tünemények egész csoportjára terjeszkedtek ki. Faraday-nek az a törekvése, hogy az igazságot a természet működésének mindegyik ágazatában a legutolsó részletekig földerítse, azt eredményezte, hogy azt a tért, melyre fürkésző szellemével lépett, csak akkor hagyta el, midőn minden lehető irányban alaposan átkutatta.

Faraday első elektrochemiai vizsgálatai a vegyületeket szétbontó áram quantitatív meghatározásaira vonatkoztak. E meghatározásokban arra törekedett, hogy az áramot statikai mértékre vezesse vissza. Eleintén a dörzsölési elektromosság és a Volta-féle áram kémiai hatásait hasonlította össze, azaz megvizsgálta, hogy az elektromos gép korongjának hány körülforgást kell tennie, hogy a fejlődő elektromosság kémiai hatásai a bizonyos ideig működő áraméival egyenlők legyenek. Ezután ugyanavval a dörzsölő elektromossággal leydeni palaczkokat töltött meg s azt kereste, hogy avval mekkora fölületű fegyverzeteket lehet a sűrítésig megtölteni; ez által az áram erejét bizonyos számú palaczkokban megsűrített elektromosság mennyiségével hasonlította össze. Ily módon azt találta, hogy az az elektromosság, mely egy grán víz felbontására megkívántatik, egyenlő 800,000 leydeni palaczkban összegyűjtött elektromossággal, vagyis, hogy e nagyszámú palaczkok kisütései által egy grán víz volna felbontható. Ha e kisütéseknek hatásai egy kisütés-



sel egyesítenének, akkor az egyesített hatás egy villáméval érne föl, s Faraday megmutatta, hogy négy grán cink oxidációjának ereje ugyanannyi elektromosságot ad, mint a mennyi egy ily hatalmas villám előidézésére megkívántatnék. Faraday maga is egy kissé megütközött a mérés aránytalannak látszó eredményén, azonban Buff, Weber és Kohlrausch-nak a bizonyos kémiai hatásokat előidéző elektromosság mennyiségére vonatkozó mérései Faraday eredményeit teljesen igazolták.

Faraday ezután mindinkább bele merült az áram kémiai hatásainak vizsgálatába. A vegyületek szétbontásának oka, a szétbontás módja, mind oly dolgok valának, melyek természetére a többé-kevésbé valószínű hipotézisek, melyek az ideig felállítottak, kevés világosságot vetettek. Faraday remélte, hogy a kémiai hatások kísérleti beható tanulmányozásával sikerülend a homályt eloszlatnia.

Nagyon el volt terjedve az a nézet, hogy a szétbontás oka a sarkoknak, vagy a vezető ama részeinek, melyeken az áram a szétbontandó folyadékba be- és kilép, a folyadék alkotó-részeire gyakorolt specziális vonzásainak tulajdonítandó. Faraday megmutatta, hogy a szétbontáshoz a sarkok vonzásainak semmi köze, mert nagyszámú kísérleteinek egyik csoportjában a sarkokat egészen mellőzte, a nélkül, hogy a szétbontás megszűnt volna. Ugyanis a szétbontandó só oldatával lakmusz- és kurkuma-papirszeleteket megnedvesített, ezeket üveglapra helyezte s egymásfelé fordított kihegyesített végeiket vagy nedves vezető zsinórral kötötte össze, vagy pedig összekötést nem is használt, hanem a dörzsölő elektromos gép elektromosságát a papircsúcsok között egyszerűen a levegőn ugratta át. Mindegyik esetben a papirszeletek végeinek színváltozásai a létrejött szétbontásról kétségtelenül tanúskodtak, tehát a sarkok állítólagos vonzó hatása szóba sem jöhetett. Ezt az eredményt az elektrochemiai szétbontás új terminológiájának kiinduló pontjá-

vá tette: ő és Whewell a közösen megállapított új műkifejezéseket 1834 elején a Royal Society elé terjesztették. A sarkok elnevezés helyét az elektrodok foglalták el; a szétbontandó anyagot elektrolit-nek, s a szétbontó folyamatot elektrolízis-nek nevezték. A többi kifejezések általános elterjedést nem nyertek ugyan, de a fogalmak tisztázására jótékony befolyással voltak. Faraday-nak az a törekvése, hogy a Grotthuss hipotézisét, mely a Davy vizsgálataiban jelentős támogatásra talált, a dolog lényegét világosabban föltüntető elmélettel helyettesítse, sikertelen maradt. Faraday maradandó becsű kísérletei e kényes kérdés alapos megvitatására értékes anyagot szolgáltatnak ugyan, de a dolog benső lényegével, az elektromos áram fizikai természetével számot nem vethetvén, a hipotézisek helyébe pozitív törvényt nem állíthattak.

Valóban, ha a Faraday elektrochemiai fölfedezéseiről van szó, mindennek előtt azok a törvények ötlenek szemünkbe, melyek az áram előidézte szétbontás tényleges eredményeit ta-

pasztalati igazságokként tüntetik föl, melyek többé semmi hipothézises elemet magukban nem foglalnak. Faraday átlátta e törvények termékenységét, s további törekvései az elektrolízis kísérleti törvényeinek megállapítására irányultak.

Közönségesen három törvénybe foglaljuk össze az eredményeket, melyeket Faraday e munkájával elért.

Az első törvény azt mondja, hogy az áram által csak vezető folyós testek bonthatók szét. E törvény érvényességét az egyes esetekben már más experimentátorok is fölismerték, sőt ez a törvény bizonyos tekintetben axioma-szerűnek látszik, mert ha valamely testen az áram vagy általában az elektromosság nem hatolhat át, egészen természet-szerűnek látszik, hogy az az illető test, mint az elektromosságra nézve egészen közönyös, az áram által chemiai változásokat nem szenvedhet. Azonban Faraday ez alapigazságot fizikailag is megállapította, s ebben rejlik a törvényszerűség. Faraday vizsgálatai szerint szüksé-

ges, hogy a felbontást a molekulák poláros elrendezkedése előzze meg, s ha az illető test az utóbira képtelen, egyszersmind a felbontásra sem alkalmas. Faraday az 1833-ban közzétett egyik értekezésében megmutatta, hogy ugyanazon testek, melyek folyós állapotban az elektromosságot vezetik; szilárd állapotban nem vezetik. A víz vezető, a jég pedig szigetelő; e körülmény okát abban találta, hogy a szilárd testek rideg állapota megakadályozza a részecskék poláros elrendezkedését. Hasonlóképen megmutatta, hogy az oxidok, a chlór-, jód- és kén-vegyületek, melyek szilárd állapotban szigetelők, folyós állapotban vezetők, a hogy az elektromosság vezetése a folyóssá tett anyagok egy részének felbontásával mulhatatlánul össze van kapcsolva. Faraday tehát a vezetést és a felbontást fizikai összefüggésbe hozta s ebben rejlik törvényének elvi jelentősége.

Mindazonáltal Faraday a szokott óvatossággal nem ment annyira, hogy azt is állította volna, hogy az elektromosságnak igen csekély mennyisége nem mehetne át felbontás nélkül az össze-

tett folyadékon, minél fogva a vezetés és a felbontás szükségképeni összefüggése egy ideig nyílt kérdés maradt. Azonban de la Rive kiterjedt vizsgálatai alapján mint kísérletileg bebizonyított tényt tüntet é föl, hogy az elektromosság áthatolása valamely testen szükségképen egyenértékű felbontással jár.

Faraday második törvénye az elektromosság és az elektrolizises hatás quantitatív összefüggését fejezi ki: a testnek bizonyos idő alatt felbontott mennyisége az átáramlott elektromosság mennyiségével egyenes arányban van.

E törvény levezetésére Faraday-nek alkalmas mérő eszközről kellett gondoskodnia, s ez eszköz az áramnak chemiai hatásaiban találta föl. Ugyanabba az áramba egymástól különböző méretű több vízbontó készüléket iktatott s a fejlődő gázokat összegyűjtötte. Azt tapasztalta, hogy a különböző vízbontókon felfogott gázok mennyiségei tökéletesen egyenlők; mivel pedig valamennyi vízbontón csak egy bizonyos erősségű

áram ment át, azt következtette, hogy az egyenlő erősségű áramok egyenlő idők alatt egyenlő mennyiségű vizet bontanak föl.

Ezután az áram vezetőjébe csak egy vízbontót iktatott, de az ebből kimenő áramot két részre ágaztatta, s mindegyik ágba egy vízbontót iktatott. Mivel most mind a vezető drót ágai, mind pedig a három vízbontó teljesen egyenlők valának, föltehetette, hogy az utóbbi két vízbontó mindegyikén csak félannyi elektromosság megy át, mint az első vízbontón; s valóban az áram ágaiba iktatott vízfelbontókban egyenlő mennyiségű gáz fejlődött, még pedig a kettőben együtvéve annyi, mint az első vízbontóban egymagában.

Faraday e kísérleteket erős és gyenge áramokkal ismételte, s a felbontandó víz savtartalmát, tehát vezetőképességét is változtatta, s mindig az előbbiekkel összhangzó eredményeket kapott. Mindezekből azt következtette, hogy az elektrochemiai szétbontás nagysága független az elekt-

ródok nagyságától és az oldat tömörségétől, s csakis az oldaton átáramló elektromosság mennyiségétől függ, vagyis az elektromosság mennyisége arányos a chemiai hatással.

Faraday e törvényre alapította a voltamétert, mely az áram erősségét az időegységben fejlődő gázok mennyiségével méri.

E megelőző vizsgálatok által a kellő ismeretek birtokában lévén, Faraday az elektrolízis harmadik törvényének, s egyszersmind az egész elektrochemia alaptörvényének levezetéséhez fogott.

Faraday ugyanazon áram vezetőjébe több felbontó készüléket iktatott; az egyikbe kénsavval savanyított vizet, a többiekbe chlorhidrogént, jódhidrogént és brómhidrogént tett. Az elektromos oszlop bizonyos ideig működén, azt tapasztalta, hogy a hidrogén mennyisége mind-egyik felbontóban ugyanakkora, miből azt következtette, hogy a többi alkotórészek a chemiai összetétel arányában váltak ki. Faraday ez eredményyel nem elégedett meg; ugyanazon áram



vezetőjébe ismét egy vízbontót és egy cinnchloridral megtöltött üvegcsövet iktatott. Megelőző kísérleteiből tudta, hogy a szilárd cinnchlorid az áramot nem vezeti, tehát az elektrolízisre képtelen, minélfogva ezt a testet a csőben megolvasztotta; negatív elektródul a csőbe forrasztott s gömbben végződő platinadrótot, pozitív elektródul pedig széncsúcsot használt. Midőn az áram már elegendő mennyiségű durranó gázt fejlesztett, e gáz mennyiségét, valamint az üvegcsőben a platinán egyidejűleg kivált cinn mennyiségét meghatározta; az előbbent 0.4972-nek, az utóbbit pedig 3.2 gránnak találta. A víz ismeretes kémiai összetételéből meghatározta, hogy a fejlődött durranó gáz a víz kémiai aequivalensének hányad részét teszi s ekkor ismét azt tapasztalta, hogy a kapott viszony egyszersmind a kiváltott cinn mennyiségének a cinn aequivalenséhez való viszonyát fejezte ki, tehát az elektromosságának az a mennyisége, mely a vízmolekulákat alkotórészeire felbontotta, egyszersmind a cinnchlorid molekuláit is felbontotta.

Ez eredménynyel az aequivalensek szerint való felbontás törvénye új megerősítést kapott, azonban Faraday a voltaméter adataival még számtalan anyag felbontásának eredményét hasonlította össze. E mellett különös figyelemmel kellett lennie az elektrolizisnél föllépő másodrendű hatásokra. Igen sok esetben kiválott elemek vagy az elektróddal, vagy pedig az elektrolittel új chemiai összeköttetésbe lépnek; Faraday e másodrendű hatásokat a felbontás közvetetlen eredményeitől gondosan szétválasztotta; sőt szántszándékosan választott oly eseteket, melyekben a másodrendű hatások a felbontás közvetetlen eredményét komplikálják, s maga keresett oly eseteket, melyek a törvénytől netalán eltérő eredményeket adhatnának, de minden önmaga okozta nehézségen diadalmaskodva, a chemiai aequivalensek szerint való felbontás törvénye a legszigorúbb igazság fényében tűnt elő.

Faraday nagy érdeme épen abban a körülményben rejlik, hogy a másodrendű hatásokat a közvetetlenektől gondosan megkülönböztetni

tudta. Nem szenved kétséget, hogy az aequivalensek szerint való felbontás törvénye a chemiai hatások bővebb tanulmányozása után előbb-utóbb önkénytelenül is előtérbe tolakodott volna, mert az elektrolízisnek már első eredménye is mintegy előre sejtette ezt a törvényt. A vízbontásnál kelet kező hidrogén- és oxigén-mennyiségek nyíltan utaltak az elektrolízis alaptörvényére, bár itt is az oxigénnek az ozonképződés okozta kontrakciója mint másodrendű hatás az eredmény átlátszóságát zavarta. Oersted megmutatta, hogy a semleges sók felbontásánál a savak és alkáliák a telítés-arányban válnak ki, de éppen mivel a másodrendű hatásokat figyelembe vette, a sók szétbontásának lényeges törvényére nem következtethetett. Faraday elmésségének volt fentartva, hogy e tűnemények komplikációjában a dolog lényegét fölismerje s a tűneményeket törvényszerű alapra fektesse.

Faraday elektrochemiai vizsgálataival a Volta-féle áram elméletére vonatkozó vizsgálatai természetszerű összefüggésben vannak.

Volta az elektromos oszlop kémiai hatásait nem ismervén, az áram forrásának a pusztá érintkezést tartotta. A kémiai hatások ismeretével a Volta elméletében való hit erősen megrendült: a fizikusok nagy része az áram forrását a kémiai hatásokban találta. Olaszországban Fabbroni, Angolországban pedig Wollaston védelmezték ezt a felfogást, mely a Becquerel és de la Rive beható vizsgálatai által mindinkább terjedt; csak Németországban örvendett az érintkezés-elmélet általános elterjedésnek.

Faraday is a vitába keveredett, s föllépése az eszmék tisztázására jótékony befolyást vala gyakorlandó. 1834-ben terjesztette a Royal Society elé e tárgyra vonatkozó első iratát, melyben, mint ezt tőle várni lehetett, a kémiai elmélet partját fogta. Faraday az áramot fémes érintkezések nélkül is előállította s olyan folyadékokat talált, melyek az elektromosságot vezetik ugyan, de mindaddig, míg föl nem bontattak, áramot előidézni képtelenek valának; evvel bebizonyította, hogy az elektromos és kémiai hatások szoros össze-

függésben vannak, s megelőző vizsgálatai alapján e hatások kölcsönös arányosságáról is meg volt győződve.

Faraday-nek e vizsgálata azért is nevezetes, mert ez által indított meg ama kérdés eldöntése, vajjon a Volta-féle elektromosság a levegőn átáramlik-e? Faraday azt hitte, hogy sikerült neki ezt az áramlást, még mielőtt a záródrótok érintkeztek volna, már egy elemmel is létrehozni. E tévedését később belátta s meggyőződött, hogy a mondott eredmény csakis az oszlop elektromindító erejének rendkívüli növelése által volna elérhető. Mivel a különféle elektromosságok azonoságának bizonyítása érdekében nagyon kíváncsúnak látszott, hogy ez a kérdés eldöntessék, Gassiot, Faraday egyik barátja, egy 4000 elemből álló telepet állított össze, s e teleppel az elektromosságnak mérhető levegőrétegen való átáramlását előidézte.

Faraday látván, hogy első irata az érintkezéselmélet híveire kevés hatással volt, 1840-ben egy

második értekezést tett közzé. Ebben az érintkezés-elméletet a beható ellenvetések és a czáfoló kísérletek egész halmazával támadta meg. S valóban a várt hatás most már nem maradt el: az érintkezés-elmélet hívei szívósan ragaszkodtak ugyan nézeteikhez, de a tények hatalmával szemben elméletük fizikai jellemét meg kellett változtatniok. Azonban ez a szívóosság a tudománynak csak hasznára vált: mert tudnunk kell, hogy Faraday, épen úgy mint őt megelőző elvtársai, nemcsak az áramot, hanem az áram keletkezésének, vagyis megindításának okát is a chemiai hatásokban kereste. Az érintkezés-elmélet hívei (vagy legalább is ezek nagyobb része) a Faraday által felhozott tényekkel szemben feladták ugyan azt a nézetet, hogy az áram forrása a puszta érintkezés, de az áram keletkezésére nézve szilárdan megmaradtak az érintkezés-elmélet mellett. Miután Kohlrausch 1849-ben, később pedig Sir William Thomson minden kétséget kizáró módon kísérletileg bebizonyították, hogy a puszta érintkezés az elektromosságok különválasztására elegendő, az

érintkezéselmélet oda módosult, hogy az áram megindítását az érintkezés eszközli ugyan, de az áram további erélyének forrása a kémiai hatásokban rejlik, s az áram forrásainak ez az elmélete a fizikusok túlnyomó részétől el is fogadtatott.

Faraday 1840-iki irata egy elvi ellenvetést is hoz föl, s ez az ellenvetés hivatva lett volna, hogy a vitás kérdést azonnal eldöntse, ha jelentőségét kellőleg átértették volna. "Az érintkezéselmélet, mondja Faraday, fölteszi, hogy az az erő, mely képes legyőzni hatalmas ellenállást, például a jó vagy rossz vezetőket, melyeken az áram átmegy, vagy az elektrolízises hatásét, mely által a testek felbontatnak, - hogy ilyen erő a semmiből jöhet létre; továbbá, hogy a ható anyagokban végbemenő csere és valamely hajtó erő fogyasztása nélkül oly áram keletkezik, mely bizonyos állandó ellenállással szemben folytonosan működik, vagy pedig, mint a Volta-féle elemben, csak azon akadályok által fékeztetik, melyeket önmaga gördít útja elé. Ez valóban annyi volna, mint valamely hajtóerőnek teremté-

se semmiből. Vannak különféle folyamatok, melyeknél az erő megjelenésének módja olyformán változhatik, hogy az egyik erőnek egy másik erővé való látszólagos átalakulása jó létre. Ily módon chemiai erőket elektromos árammá, vagy pedig ezt chemiai erővé átalakíthatjuk. Peltier és Seebeck szép kísérletei a hő és az elektromosság kölcsönös átmenetét mutatják, s az Oersted által, valamint az általam végrehajtott más kísérletek az elektromosságnak és mágnességnek azt a képességét mutatják, mely szerint kölcsönösen átalakulhatnak. De semmi esetben, még az elektromos ángolnánál és rájánál sem fordul elő az elektromos erő teremtése vagy nemzése a nélkül, hogy más valami el ne fogyaszthatnák."

Ez a megjegyzés, mely az akkori érintkezés-elmélet ellen tétetett, világosan tanúskodik arról, hogy mily magas fokban volt megérlelődve az erély megmaradásának eszméje, de épen az a körülmény, hogy ez eszme jelentőségét egész terjedelmében akkor még nem ismerték föl, világo-



san mutatja azt is, hogy a döntő fordulat az átalakulások quantitatív meghatározásától függött.

Két évvel a Faraday iratának megjelenése után az az igazság, melyet Faraday egy specziális elmélet támogatására hozott föl, a J. R. Mayer alapvető értekezésében már az összes tüneményekre kiterjedő általános természeti törvényként szerepelt.

Faraday-t az elektromos áram elméletére vonatkozó vizsgálatait az elektromosság vezetésére és az indukcióra vonatkozó általános elmélkedésekre vezették. Ezen a téren gyakran letért a kísérletek által ellenőrizhető tények mezejéről, még pedig azon egyszerű oknál fogva, mivel oly kérdéseket vitatott, melyek már az emberi tudás szélső határainál fekszenek. Faraday érezte a nehézségeket, melyeket a tapasztalati alap hiánya ily esetekben okozott; s ha mégis az absztrakt spekulációk terére lépett, akkor ezt csak az igazság utolsó szálainak földerítésére irányuló törekvésének kell betudnunk. Szellemének tudomá-

nyos irányzatát ily esetekben sem tagadta meg: az oly tényeket, melyek földerítését mindenkor a hipotézis világában kell keresnünk, Faraday a szemlélhető valósághoz, a mennyire csak lehetett, közelebb hozni törekedett.

Faraday 1837-ben tette közzé első értekezését a dörzsölésbeli elektromosságról. Azt a kérdést vitatta, vajjon az elektromos és a mágneses hatások csak a testek között levő médiumok jelenlététől jöhetnek-e létre. Itt az erőknek a távolságba gyakorolt hatásait kellett figyelembe vennie, s ezen hatásokról alkotott nézetei, habár ezeket a kísérletek által megerősítetteknek vélte, a szigorú kritikát nem igen állják ki. Így például azt állította, hogy az elektromos és mágneses erők bizonyos esetekben görbe vonalak mentén is hatnak, holott nem kételkedett abban, hogy a nehézség okozta vonzalom mindig egyenes irány szerint hat és sohasem fordul meg valamely sarok körül. Ez említett nézetét arra kísérletre alapította, hogy valamely testet indukció útján akkor is meg lehet elektromozni, ha közötté és az indukáló test

között széles ernyő van; ily esetben tehát az erő mintegy megkerüli az ernyő széleit!

E mellett még megmaradt az a kétsége, vajjon a közbetett ernyő nem gyakorol-e az elektromosság indukáló hatásaira közvetetlen befolyást. E kérdés eldöntésére egy sajátyszerű leydeni palackot állított össze: egy gombos nyéllel ellátott és elszigetelt fémgolyót egy másik fémgolyóval vett körül; a két golyó között mintegy másfél hüvelyknyi köz maradt. Faraday két ilyen készüléket állított össze, s az elsőt megtöltvén, az összegyűjtött elektromosságot a másodikkal közölte, a fönmaradó elektromosságokat pedig a Coulomb mérlegével megmérte. Faraday azt tapasztalta, hogy az első készülék elektromossága felét adja át a másodiknak, ha mindkettőben a két fémgolyó között levegőréteg volt, ha ellenben az első készülékben a két golyó között sellak, kén, vagy más dielektrikum volt, akkor az az elektromosságának felénél többet tartott vissza, tehát a dielektrikum az elektromosság egy részét abszorbeálta. A készülék teljes kisütése után a gombban

az elektromosságnak nyoma sem volt, de bizonyos idő múlva, a mint a dielektrikumból visszatért, mérhető mennyiségben gyűlt össze.

Faraday ezekből azt következtette, hogy az elektromosság a különböző szigetelőkbe különböző mértékben hatolhat, s ezt a folyamatot úgy képzelte, hogy a szigetelő részecskéi egymást indukció által megelektromozzák. Ennek következtében a vezetők és szigetelők közötti különbséget, mint az illető anyagokra jellemzőt, elvetette, s azt mondotta, hogy mivel a vezetésnek bizonyos mértékben még a legjobban vezető anyag is ellen áll, a vezetők és szigetelők közötti különbség csak abban állhat, hogy az elsőekben a részecskék indukció okozta elektromozása sokkal gyorsabban terjed tova mint az utóbbiakban. A vezetés a részecskék egymás után következő indukciójából áll, s ha a részecskék kisülése igen lassan megy végbe, akkor a vezetés szigeteléssé válik.

Ilyenféle következtetésektől vezettetve, Faraday végre minden elektromozást úgy tekintett, mint az indukció egyik nemét. Szerinte lehetetlen valamely testet csakis egyféle elektromossággal megtölteni. Azonban az ilyen föltevések nem világosak mindenki előtt, mert az elektromosság benső természetét sokkal mélyebb homály borítja, sem hogy olyan egyes tényeknek a kedvéért, melyek valamely hipotézist valószínűvé tenni látszanak, az ezen hipotézisen alapuló föltevéseket is elfogadjuk. "Faraday, mondja Tyndall, minden szigetelt vezetőt valamely leydeni palack belső fegyverzetének tekint. Valamely szigetelt golyó a szoba közepén ő rá nézve ilyen belső fegyverzet. A falak alkotják a külső fegyverzetet, s a kettő közötti levegő az a szigetelő, melyen át a megtöltés indukció útján történik. Faraday szerint a falaknak a golyóra gyakorolt reakciója nélkül a golyót ép oly kevésbé lehetne megtölteni, mint valamely leydeni palackot, melynek külső fegyverzetét eltávolítottuk. A távolság ő rá nézve közönyös. Az a képessége,

mely szerint mindent általános alapvonalakra vezet vissza, lehetővé teszi neki, hogy a nagyság fogalmát háttérbe szorítsa; s ha a szoba falait - vagy akár az egész Földet - eltávolítanók, akkor a Napot és a bolygókat tenné meg a leydeni palczk külső fegyverzetéül. Nem merem állítani, hogy Faraday ezekben az értekezésekben valamennyi elméletét mindig teljesen bebizonyította. Azonban ez iratain egy filozófiai ér vonúl át; az elektromos kisülésre vonatkozó kísérletei és végző következtetései maradandó becsűek."

## V. A mágnesség hatása a polározott fényre.

Az 1840-ik év után Faraday tudományos tevékenységében rövid szünet állott be. Szellemének rendkívüli megerőltetése nem maradt káros következmények nélkül, s magát nem egy alkalommal teljesen kimerültnek érezte. 1841-ben állapota még rosszabbra fordulván, a nyugalom elkerülhetetlen volt. Faraday a keresett nyugalmat Angolországban alig találta volna meg; laboratóriumának közelsége bizonyára arra csábította

volna, hogy nagy mértékben megfogyatkozott erejének végső megfeszítésével is a tudomány iránt való adóját rójja le. Faraday tehát Svájcba utazott, s itt a természet magasztos tüneményeinek nyugodt szemléletével enyhítette fáradt szellemének bajait.

Az üdülésnek ez a neve Faraday lelkületének egészen megfelelt, s nemsokára újult erővel fogott legszebb tervei egyikének megvalósításához, a mágnesek fényre gyakorolt befolyásának kísérleti bebizonyításához.

Faraday nagyon jól tudta, hogy a polározott fény a legfinomabb és a legérzékenyebb eszköz a testek fizikai szerkezetének megvizsgálására. Miután az izotróp közegek molekulás szerkezetük változtatásával mesterséges úton kettőstörő közegekké átalakíthatók valának, Faraday meg volt győződve, hogy abban az esetben, ha az elektromosság a molekulás szerkezetet változtatja, a polározott fény ez átalakulás jelenlétét meg fogja mutatni. A polározott fényt 1834-ben az át-

látszó elektrolitekre, 1838-ban pedig a dielektrikumokra alkalmazta. Egy üvegkoczkának szemben fekvő két lapját staniol-lemezekkel bevonta, az egyik bevonatot egy hatásos elektromos géppel, a másikat pedig a Földdel kötötte össze, s a polározott fénynyel megvizsgálta az elektromos megosztás behatása alatt álló üveg szerkezetét. Mindamellett, hogy a kísérlet eredménytelen maradt, Faraday meg volt győződve, hogy alkalmas eszközök felhasználásával a siker el nem maradhat.

Midőn Faraday Svájczból visszaérkezett, négy év előtt félbehagyott kísérleteit újra megkezdette. Mivel nem remélte, hogy az elektromosság közvetlen hatásaival szembetűnő eredményt érhetne el, az a szerencsés gondolata támadt, hogy az elektromosság helyett a mágnességet alkalmazza. Hogy a következtetések miféle lánczolatával jött erre a gondolatra, azt világosan soha sem fejezte ki, mely körülmény támogatni látszik azt a föltevést, hogy "inkább inspirációból, mint a logikából fakadtak." Faraday csak annyit mondott,



hogy a természeti erők közös forrásáról régóta meg volt győződve, s hogy ezek az erők, mint közeli rokonságban levők, kölcsönösen átalakulhatnak s hatásaikra nézve aequivalenseik vannak, s ezt a meggyőződését kiterjesztette a fényre is.

Faraday fölfedezését 1845 november havában A fény mágnesezése és a mágneses erővonalak megvilágítása saját szerű cím alatt tette közzé. Kísérleteinél azt a súlyos üveget használta, melyet optikai eszközök javítása céljából gyártott. E célra az üveg alkalmatlan volt ugyan, de az itt leírandó fölfedezés által fényesen megjutalmaztatott Faraday-nak az a fáradsága, melyet ez üveg gyártására fordított. Ebből az üvegből, mondja Faraday nevezett értekezésben, egy körülbelül két hüvelyk területű és félhüvelyk vastagságú darabot, melynek oldallapjai csiszolva valának, diamagnetikum gyanánt az elektromos áramtól még nem mágnesezett sarkok közé úgy helyeztem el, hogy a polározott fény az üveg hossza mentén átfuthatott; az üveg úgy hatott, mint a hogy a levegő, víz, vagy más átlátszó anyag hatott volna.

Ha az okulár oly helyzetbe hozatott, hogy a polározott sugarat kioltotta, vagy inkább hogy az általa létrehozott kép láthatatlanná vált, akkor az üveg közbetétele e tekintetben semmi változást sem idézett elő. E körülmények között az elektromágnes ereje az által indított meg, hogy az elektromos áram a tekercsein átvezetett, s a lámpa lángjának képe azonnal láthatóvá vált, s mindaddig, míg a mágnesség fentartatott, látható maradt. Az elektromos áram megszakítása s ennek következtében a mágneses erőnek megszűntetése után a fény hirtelen eltűnt. E tüneményeket minden pillanatban lehetett ismételni s minden alkalommal az ok és a hatás ugyanazt azt az összefüggést mutatták."

Ez az ok pedig nem volt egyéb, mint az, hogy a sarkok közé tett üveg a sarkok hatása miatt forgató képességre tett szert, azaz a polározódás síkját bizonyos szöggel elfordította; az izotróp üvegnek tehát oly tulajdonságai voltak, mint a minőkkel némely kristályos anyagok és szerves

folyadékok már természetes állapotukban el vannak látva.

Faraday a nélkül, hogy a tűnemény optikai természetét ismerte volna, annak lényegét a fény és a mágnesség kölcsönhatásaiban kereste. Innét eredt értekezésének saajtszerű czíme. Azonban a földolog, e kölcsönhatás bebizonyítása, el volt érve s most már csak azon volt, hogy a tűnemény kísérleti törvényeit megállapítsa.

Faraday kimutatta, hogy a polározódás síkjának forgásiránya függ a mágnes-sarkok helyzetétől s a sarkok felcserélésével ellenkezővé válik; továbbá bebizonyította, hogy a forgatás a legnagyobb akkor, ha a polározott sugár iránya összeesik a mágnes tengelyével, s hogy a forgatás egészen megszűnik, ha a sugár a mágnes tengelyére merőleges. Végre bebizonyította, hogy a mint a polározódás síkjának közönséges forgatásánál, úgy itt is a forgatás arányos a sugár által átfuttatott üveglap hosszúságával. Ezután üveg helyett folyadékokat és mintegy 150 féle oldatot vizsgált

meg, a forgató képességet mindegyikben feltalálta, azonban a gázok minden igyekeazete daczára sem mutattak észlelhető eredményt.

Faraday megkísérlette azt is, vajjon a forgató hatás elérhető-e a pusztá árammal, azaz mágnesek alkalmazása nélkül. Az eredmény megfelelt várakozásának, mert az elektromágnes tekercsbe tett üvegdarabok és folyadékok a polározódás síkját forgatták, még pedig mindig az áram irányában. Egyszersmind azt is tapasztalta, hogy ily esetekben a kioltott sugár világossága maximumát egy pillanat alatt éri el, holott az elektromágnesek alkalmazása mellett a maximum rövid, de mégis mérhető idő múlva áll elő, mely késedelem okát annak tulajdonította, hogy az elektromágnes csak bizonyos idő eltelte után éri el mágneses ereje maximumát.

Miután a tünemény természetét ily sokféle kísérlettel megvilágosította, Faraday az elektromágneses és a közönséges forgatás között való összefüggés megállapításához fogott, s e téren is

föltűnő eredményekre jutott. Először is megmutatta, hogy a terpentinolajban a forgatás nagysága független attól a szögtől, melyet a polározott sugár a mágnes tengelyével, vagy a mint ő mondotta, a mágnesi erővonalak irányával bezár. Még föltűnőbb volt a következő különbség: a terpentinolajat tartalmazó csőnek bármelyik végén ejtjük is be a polározott sugarat, a terpentinolaj a polározódás síkját mindig jobbra forgatja; ellenben a mágneses forgatásnál a forgatás iránya attól függ, hogy melyik sarok felől esik be a fény.

Faraday ezt az utóbbi különbséget felhasználta ama tétel kísérleti szigorú bebizonyítására, hogy a forgatás nagysága arányos a polározott sugártól befutott úttal, s azt hitte, hogy sikerülend a gázok forgató képességét is bebizonyítania, de ez utóbbi célból végrehajtott kísérletei eredménytelenek maradtak.

VI. A diamágnesség. - A kristályok, a lángok és a gázok mágnessége. - A légköri mágnesség.

A régi felfogás csak a vasnak és az aczélnek tulajdonított mágneses erőket. Később, midőn a kísérleti ismeretek fejlődése mellett hathatósabb mágnesek készítése lehetővé vált, kiderült, hogy a mágnesek nemcsak az aczélt és vasat, hanem még egyéb testeket is vonzanak. Coulomb ez utóbbiakra nézve a kísérletek egész sorát hajtott végre, sőt torziós módszerével az ezen testekre gyakorolt erő nagyságát is meghatározta.

Mindazonáltal a vas és az aczél a testek között elfoglalt kiváltságos helyzetüket megtartották, mert alig kételkedett valaki abban, hogy a különböző testek vonzása a kisebb-nagyobb vastartalomnak tulajdonítandó. Mégis, a múlt század végén tett egyes észleletek, a mágneseknek némely testekre gyakorolt hatásairól világosan tanuskodtak. Így például a hollandi Brugmanns, ki a megvizsgálendő testeket a víz vagy a kéneső fölületére tett papirdarabkákra illesztette, azt tapasztalta, hogy a kénesőn úszó bizmút az erős mágnes sarkaitól taszítatik. Hasonló észleleteket tettek még Becquerel, le Baillif, Saigy és Seebeck. Azonban

mindezek az észleletek egyedül állók valának, e tünetmények általánosításáról vagy rendszeres csoportosításáról szó sem volt.

Faraday-nak e régibb szórványos észleletekről tudomása nem volt. Vizsgálataira a természeti erők kölcsönösségére vonatkozó nézetei indították, s a biztos siker reményében véghez vitt munkája őt egy fizikai általános törvénynek felállítására vezette: bebizonyította, hogy minden test alávethető a mágneses hatásoknak. Lássuk kutatásai főbb mozzanatait.

Faraday diamagnetikum-nak olyan testet nevezett, "melyen a mágneses erővonalak áthatnak s mely az utóbbiak hatásaitól nem tér a vas vagy a mágneskő közönséges mágneses állapotába," Azonban a mágneseknek a súlyos üvegre s a folyadékokra gyakorolt s optikai tünetményekben nyilvánuló hatása arról győzte meg, hogy a kellő eszközök alkalmazása mellett egyéb mágneses hatásokat is elő lehetne idézni. Már régebben megpróbálta, vajjon az erős aczélmágnesek vagy

elektromágnesek sarkai nem gyakorolnak-e a hozzájuk közelített különböző testekre vonzó vagy taszító hatást, de mindig eredménytelenül. Faraday azonban mindaddig nem nyugodott, míg a rendelkezésére álló eszközök mindegyikét föl nem használta, minélfogva elhatározta, hogy kísérleteit rendkívüli erős mágnesekkel fogja ismételni. S valóban, midőn a súlyos üveg egy kicsiny darabkáját egy hatalmas elektromágnes egyik sarka előtt fölfüggesztette, azt vette észre, hogy a mint a mágnesség előidéztetett, az üveg a sarktól távozott, tehát a sarktól taszított. Midőn az üvegdarabot két sark között függesztette föl, az eredmény az volt, hogy az üveg aequatoriális helyzetet vett föl, vagyis a sarkokat összekötő vonalra merőlegesen helyezkedett el. Ellenben a sarkok között függő közös mágneses test helyzete mindig axiális, vagyis a sarkokat összekötő vonal irányába eső volt. E kísérleti eredmények után a diamagnetikum kifejezést más értelemben vette s diamágnesieknek az olyan testeket nevezte el, melyek a mágnesektől taszítottak,



a többieket pedig mágnésieknek nevezte. Később a mágnesi kifejezést valamennyi testre alkalmazta, s a vonzó vagy taszító hatásra való tekintettel a testeket a paramágnesi és diamágnesi testek csoportjába osztotta.

Faraday ezt a fölfedezést 1845 végén közölte a Royal Society-vel. Ha kísérleteit csak egy-két testtel hajtotta volna végre, akkor nagyon valószínű, hogy az ő észleletei is az elődei észleleteinek sorsára jutottak volna. Azonban Faraday az első eredményektől buzdíttatva, vizsgálatait a legkülönbözőbb testekre terjesztette ki: sók, savak, alkáliák, alkoholok, különféle oldatok, üveg, foszfor, gyánta, zsírok és olajok, állati és növényi szövetek egyaránt mutatták az erős mágnesek hatásait.

Miután Faraday nagyszámú kísérleteivel valamennyi testnek mágnességét bebizonyította, azon volt, hogy e tünetmények sajátságait a kísérletek módosításával behatóan tanulmányozza. Törek-

véseit siker koronázta, mert bebizonyította, hogy az Archimedes elve a mágnesség terén is érvényes, vagyis bebizonyította, hogy a paramágnesi anyagok a náluk erősebben mágnesi folyadékokban fölfüggesztve, aequatoriális helyzetet vesznek föl, tehát diamágnesi testekké válnak, s fordítva is, a diamágnesi anyagok a náluk erősebben diamágnes folyadékokban paramágnesi anyagok módjára viselik magukat.

Ezután azt a kérdést vetette föl, vajjon a diamágnesi hatások valóban egy taszító erőnek, vagy pedig az illető testeket netalán környező mágnesi médium még erősebb vonzásának tulajdonítandók-e? Kísérleteit légüres térben ismételte, azonban jelentős különbség nem mutatkozott, minélfogva kénytelen volt a diamágnesi tüneteket valóságos taszításnak, nem pedig az eshetőleges vonzások különbségének tulajdonítani. A taszításról elméletileg úgy akart számot adni, hogy föltette, miszerint az erős mágnes sarkai a paramágnesi anyagokban különnevű, a diamágnesi anyagokban pedig egynevű sarkokat, dia-

mágnesi sarkokat indukálnak. Szokott óvatosságát ez alkalommal sem tagadta meg, mert miután egy kísérleti tény sem látszott az ellentett polárosság mellett bizonyítani, föntebbi magyarázatát később maga is elvetette, s helyette egy másikat, a megosztásbeli elektromosságról alkotott nézeteinek megfelelőbbet fogadott el. Mindazonáltal a diamágnesi sarkok jelenlétét s evvel a taszítás okát nemsokára Reich, Tyndall, Poggendorff és W. Weber közvetetlenül megmutatták, és Weber a diamágnesi polárosságot elméletileg is megállapította.

Ha az elektromos áramot bizmút-pálcza körül vezetjük, a pálcza sarkainak helyzete ellenkező lesz avval a helyzettel, melyet ugyanazon áram mellett a vaspálcza sarkai vettek volna föl. Ugy látszik, hogy ez a föltűnő jelenség, valamint a diamágnesség tüneteményei általában, az Ampère mágnesség-elméletét alapjaiban ingatják meg. Nem marad egyéb hátra, mint hogy vagy azt vesszük föl, hogy az Ampère elmélete csakis a mágneses testekre érvényes specziális elmélet, vagy

pedig hogy az ellenmondást a diamágnesség elméleti kellő megállapításával eloszlassuk. S valóban a Faraday által fölfedezett annak a ténynek, hogy az Archimedes elve a mágnesség terén is érvényes, Edmond Becquerel beható vizsgálatai szerint eléggé döntő ereje van ahhoz, hogy az ellenmondást eloszlassa. A diamágnesi polárosság kimagyarázására az éternek erősebben mágnesi hatásainak föltétele elegendő. E föltétel jogosult, mert ha föl vagyunk jogosítva arra, hogy az étert a sugárzó erély médiumának tartsuk, nincs ok arra nézve, hogy miért tekintsük azt a mágnesi hatásoknak alá nem vethetőnek, annál is inkább, mivel a mágnesi hatások és a sugárzó erély kölcsönösségét Faraday egyik fölfedezése kísérletileg kimutatta.

A diamágnességre vonatkozó vizsgálatai közben Faraday egy érdekes tűneményt észlelt. Midőn egy ízben a két sark közé egy réz darabot függesztett föl, a réz a fonálnak sodorlata miatt keringett, de ez a forgás azonnal megszűnt, a mint az elektromágnest megindította. Ezután a

tűneményt szánt-szándékosan idézte elő: egy rézkoczkát vett, s a fölfüggesztésre szolgáló fonalat erősen megsodorta. A fonál a rajta a csüggő koczkával együtt gyorsan visszatekerődött, de a mint az áram az elektromágnes körül keringeni kezdett, a koczka mozgása hirtelen meglassult mintha csak valamely szívós folyadékba mártotta volna. Faraday e tűnemény okait az indukcióra vezette vissza. A mágnes sarkai a koczka vezető tömegében olyan irányú áramokat indukáltak, hogy ez áramok és a mágnessarkok kölcsönhatásai miatt a koczka mozgása meglassított. Faraday e kísérlettel a forgás-mágnesség tűneményeit egy érdekes észlelettel gyarapította, s a sarkok között forgó vezető tömegek megmelegedésére vonatkozó érdekes vizsgálatokra adott alkalmat.

A diamágnességre vonatkozó vizsgálatait után Faraday a kristályok mágnességével foglalkozott.

A kristályoknak a mágnesi erővel szemben tanúsított különös magatartását Poisson, elméleti

nézetei által vezéreltetve, előre jelezte, s Plücker tényleg fölfedezte.

A különböző anyagok a mágnes sarkai között vagyis a mágnesi mezőben vagy axiális vagy aequatoriális helyzetet vesznek föl. Ez azonban csak addig áll, míg a mágnesi vagy diamágnesi indukció miatt előidézett vonzó vagy taszító erőknek a test egyik mérete szerint nagyobb forgató képességük van mint egy másik mérete szerint. Tegyük föl, hogy a test gömb-alakú: a forgató képesség egyik irányban sem lehet nagyobb, mint egy másik irányban, minélfogva a gömbalakú testek semmi különös irányító erő hatásának alávetve nincsenek.

Plücker azonban bebizonyította, hogy ez a tétel a kristályos anyagokra nézve nem érvényes; a kristályokból készített gömbök a mágneses mezőben bizonyos irányban helyezkednek el, sőt az egyik irányban nagyobb kiterjedésű kristálydarabok is más helyzetet vesznek föl, mint a minőt az anyaguk mágnesi szerkezetéből elvárni lehetne.

Nemsokára Plücker észleletei után Faraday a kristályos bizmúton, antimónon és arzénen hasonló észleleteket tett.

A mágnessarkok közé tett hosszúkás bizmútdarabkák, mindamellett hogy a bizmút diamágnesi test, néha ferdén, sőt néha mágnes-sarkok irányában helyezkedtek el. Midőn Faraday egy szépen kifejlődött kicsiny bizmút rhomboédert tett a sarkok közé, a krisztallografiai főtengely axiális helyzetet vett föl.

Faraday észleletei eredményeit 1848 decz. 7-én közölte a Royal Society-vel. A kristálynak azt a tengelyét, mely a körülmények szerint majd axiális, majd aequatoriális helyzetet vesz föl, mágnes-kristályos tengelynek nevezte, s emez elhelyezkedés okát új erőnek, melyet "a kényelem kedvéért" mágnes-kristályos erőnek nevezett, tulajdonította.

Plücker kiterjedt vizsgálataiból kiderült, hogy a szabályos rendszerbe nem tartozó valamennyi kristálynak ilyen mágnes-kristályos tengelye van,

mely tengely a négyszöges és hatszöges rendszerben a krisztallografiai főtengelylyel vagy az optikai tengelylyel összeesik. A gyorsan hűtött mágneses üvegnél Plücker az optikailag egytengelyes kristályoknak megfelelő eredményeket észlelt; Tyndall továbbá megmutatta, hogy a fakoczká a mágnesi mezőben úgy helyezkedik el, hogy a rostok iránya aequatoriális legyen. Knoblauch és Tyndall még megmutatták, hogy az egyik irányuk szerint összeszorított testek ezen irány szerint aequatoriális helyzetbe jutnak. Végre Plücker bebizonyította, hogy az optikailag két-tengelyes kristályoknak szintén két mágnes-kristályos tengelyük is van.

E pontosan és minden egyes részleteikben tüzetesen megállapított eredmények Faraday-t a tü-nemény okainak fölkeresésére készítették. Kísérleteinek és spekulációinak eredményeként arra a következtetésre jutott, hogy a mágnes-kristályos erő sem vonzó, sem taszító erő nem lehet, s mind a mágnesi, mind pedig a diamágnesi erőtlől lényegesen különbözik; ezen erőnek működése ab-



ban áll, hogy a hatásának alávetett testeknek bizonyos irányt ad; azonban másrésről ez az erő szoros összefüggésben van a kristályok struktúrájával s ennél fogva avval az erővel is, mely a kristályok molekuláit kristályos tömeggé csoportosította, Faraday e mágnes-kristályos erőt egyáltalában nem tekintette egy bizonyos erőnek, hanem "a kristályok mágneses és molekulás ereje kölcsönös reakciójának." Faraday e következtetések mindegyik pontját gondos vizsgálatokkal törekedett megerősíteni, s nézeteit csakis a kísérleti eredményekre alapította, de végre maga is kissé megütközött azon a következtetésen, hogy valamely test bizonyos irányt vegyen föl a nélkül, hogy valamely vonzó vagy taszító hatásnak alávetetnék. Faraday itt is a tudás szélső határainál dolgozott, s ennek a körülménynek kell tulajdonítanunk, hogy azt a világosságot, melyet a tüntemények eme csoportjára deríteni akart, el nem érhetette.

Hogy mily mértékben bővítették a diamágnesésre s az evvel kapcsolatos mágnes-kristályos

erőre vonatkozó észleletek a testek molekulás szerkezetéről való ismereteket, s hogy a jövőben mily eredményekre nyújtanak kilátást, ezt Faraday a mágnes-kristályos erőre vonatkozó első értekezésének záró szavaiban imígy fejezte ki: "A vizsgálatoknak ezt a sorozatát nem hagyhatom a nélkül, hogy meg ne jegyezzem, hogy mily gyorsan növekedett a molekulás erők ismerete, mily gyorsan fejlődik minden új találmány fontossága, mily nagy vonzó erőt nyer a tanulmány minden új tárgya. Még néhány év előtt a mágnességet csak kevés testre ható rejtett erőnek tekintettük, most bebizonyúlt, hogy ez az erő valamennyi testre befolyással van; hogy az elektromossággal, hővel, chemiai hatással, fénynyel és kristályozó erővel s ez utóbbi által a testek összefüggését eldöntő erővel is szoros összefüggésben van; és a jelenlegi körülmények között kell hogy magunkat erőfeszítéseink megújítására buzdíttatva érezzük, avval a biztató reménynyel, hogy még a mágnesség és a nehézség-erő között is az összekötő fonalat megtaláljuk."

A kristályok mágnességi tulajdonságainak, megvizsgálása után Faraday a lángokat vizsgálta meg. A lángok diamágneses magatartását Bancalari találta föl; Faraday e találmányról Zantedeschi által értesült. A lángokról áttért a gázokra s 1847-ben közzétette a lángokra és a gázokra vonatkozó vizsgálatai eredményeit. A gázokkal végrehajtott kísérletek eleintén nem sikerültek, s valóban ez a tárgy nagyon sok ügyességet, türelmet és elővigyázatot igényelt. Ha a kísérletek a levegőben hajtának végre, úgy a nehézség szembetűnő, mert ha a levegő mágneses vagy diamágneses, akkor legfeljebb csak azt lehet kimutatni, vajjon a többi gázok nagyobb vagy kisebb mértékben vannak-e ama tulajdonságokkal ellátva. Mindazonáltal sikerült Faraday-nek, s vele egyidejűleg Plücker-nek a gázok mágnesi tulajdonságait kimutatniok. Plücker színes gázokat vizsgált meg; Faraday a színtelen gázokra is kiterjesztette kísérleteit, még pedig oly formán, hogy a csövet, melyből a gázok kiáramlottak, a mágnesek sarkai alá tette s a cső nyílásába kevés só-

savval megnedvesített papírt tett, minélfogva a kiáramló gázok kevés sósav-gőzt vittek magukkal. A sarkok fölé, ezektől csekély távolságra fölfogó csöveket tett; e vékony s mind két végükön nyílt csöveket függélyesen állította föl, még pedig mind az axiális, mind pedig az aequatoriális vonal végeire egyet-egyét. A csövek alsó végeit ammoniakkal megnedvesítette, minélfogva abban az esetben, ha a sósav-gőzt tartalmazó gáz valamelyik fölfogó csövön átment, a sósav és ammoniak kombinációja miatt a csőben fehér gőzök keletkeztek; ha a gáz mágnesi volt, akkor a gőzöknek az axiális csövekben, ha pedig diamágnesi, akkor az aequatoriális csövekben kellett létrejönniök, Faraday ezután gázokkal megtöltött szappanbuborékokat használt; először is meggyőződött arról, hogy a szappanos víz diamágneses, mert a levegővel megtöltött buborékok eltaszítottak. Ha tehát a buborékban olyan gáz volt, mely a levegőnél mágnesebb, akkor annak kevésbé, ha pedig a levegőnél diamágnesebb gáz volt benne, akkor erősebben kellett taszítatnia.

Ily módon Faraday-nak sikerült eldöntenie, hogy a gázok közül csak az oxigén mágnesi, tehát mágnesebb a levegőnél; a többi gáz, valamint a víz és a kéneső gőzei diamágnesiek. Faraday most arra törekedett, hogy a levegő oxigénjét nitrogénjétől "mágneses elemzés" útján szétválaszsa; mindazonáltal eme kísérletei ép oly kevéssé sikerültek, mint azok, melyekben a megolvasztott bizmútot a mágnes sarkai között akarta kristályosítani, még pedig avval a várakozással, hogy a mágnes-kristályos erő a képződő kristályok alakjára befolyással leend.

A torziós módszerrel összehasonlította az oxigén mágnességét a vasgálicz-oldatével, s az eredményből arra a fontos következtetésre jutott, hogy a légkör mágnessége sokkal jelentősebb, semhogy az a földmágnesség tünetényeire befolyással ne volna; sőt miután az oxigén sűrűségének a mágnesi állapotára való befolyását külön kísérletekkel igazolta, a földmágnesi erő irány és intenzitás szerint való változásait egyenest a légkör oxigénjének mérséklet- és sűrűség-változá-

sainak tulajdonította. Faraday továbbá reménylette, hogy ez a "légköri mágnesség", ha bővebb tanulmánynyal alaposabban megvizsgáltatnék, nemcsak az északi fény tűneményeire vetne világosságot, hanem még eddig ismeretlen hatások fölismeréséhez is vezetne.

Faraday 1850 vége felé a légköri mágnességről két terjedelmes értekezést terjesztett a Royal Society elé. E dolgozataiban a melegnek és hidegnek a légkör mágnességére gyakorolt hatásait, s a mérsékletnek a mágnestűre való befolyását tüzetesen fejtegette. A Föld mágnesi erővonalainak irányváltozásaiból kimutatta, hogy a mágnesség eloszlódására a légkör jelentős befolyással van; hasonlóképen magyarázta a mágnestű napi és évi változásainak okait.

Faraday érvelései, melyeket Humboldt föltétlen helyesléssel fogadott, jelentőségükből sokat veszítettek, a mióta a napfoltok száma és a deklináció-változások közötti összefüggés fölismeretett. Mégis, kiváló természetbúvárok oda

nyilatkoztak, hogy az oxigénnek, mint olyan mágnesi anyagnak, mely a mérséklet évi és napi változásainak alá van vetve, kell, hogy a föld-mágnesség tüneményeire befolyása legyen. Valóban, úgy látszik, hogy a mágnesűn és a barométeren tett újabb észleletek összehasonlítása ezt a föltevést alaposan igazolja.

VII. Faraday egyéb művei. - Tudományos jellege.

Faraday nagy fölfedezései négy kiváló tény körül, az indukció, az elektrolízis, a polározódás síkjának forgatása a mágnesek által, végre a diamágnesség körül csoportosúlnak. Ezek között ismét, akár az eredmények meglepő újságát, akár pedig az elméleti következményeket tekintsük, első helyen áll az indukció. Vizsgálatainak ez a csoportja, épen úgy mint a többi csoport valamilyike, elegendő lett volna nem csupán arra, hogy bármely fizikusnak nevét megörökítse, hanem arra is, hogy a föltalálónak egész életén át ugyanabban a csoportban a további kutatásokra bő

anyagot nyújtson. Faraday pedig mindegyik csoportban annyit tett, a mennyit csak egy kísérletező elmességben, fáradhatatlan tevékenységben és ernyedetlen kitartásban egyaránt jeleskedő férfiú tehet. S mégis, Faraday vizsgáló figyelmét nem kerülte ki a fizikának egyetlen olyan kérdése sem, melynek eldöntése az általános igazságokra világosabb fényt vala derítendő; mindazok a kérdések, melyek megoldását a kísérleti módszerek-től lehetett elvárni, Faraday mesteri kezei között csakhamar a tényleges eldöntés fóruma elé kerültek.

Faraday tisztán chemiai vizsgálatai, melyek legkiválóbb eredménye a benzol fölfedezése volt, a chemiát jelentős tényekkel gazdagították. A gázok megsűrítésére vonatkozó vizsgálatai a chemiára és fizikára nézve egyaránt fontos elméleti következmények előzményeiül tekintendők. Lásuk még azokat a tárgyakat, a melyekről való ismereteink a Faraday kezei által tetemesen bővültek.



Faraday bebizonyította, hogy a mérséklet tetemes növelése a mágnességet maradandóan megszünteti, s hogy az a mérséklet, melynél eme veszteség bekövetkezik, jóval alatta áll annak a mérsékletnek, melynél az illető testek mágnességet fölvenni már nem képesek.

Az elektromos feszültségi sort (a dörzsölési elektromosságra nézve) tökéletesítette és meg bővítette.

Döntő kísérletekkel megmutatta, hogy a statikai elektromosság csakis a vezetők fölületén székel.

Bebizonyította, hogy a víz párolgása az elektromosságnak nem forrása, s hogy az az elektromosság, melyet a kiáramló gőz fölvesz, s melyet Armstrong egy hatályos gőzelektromos géppel nagy mennyiségben állított elő, a nedves gőz és a vezető cső surlódásából ered.

Faraday megmutatta, hogy az elektromos szikra hosszúsága és színe függ a minőségétől ama gázoknak, melyeken átugrik.

Keir már 1790-ben azt az észleletet tette, hogy a tömény salétromsavba mártogatott vas passzív-vá válik, azaz híg salétromsav által többé föl nem oldatik. Schönbein azt tapasztalta, hogy ugyanaz az eredmény elérhető akkor is, ha a vasat a vízbontóban pozitív elektródul használjuk, vagy pedig ha azt a levegőn egyszerűen izzítjuk. Faraday bebizonyította, hogy a vasnak, valamint még némely más fémnek passzivitása a fölületén keletkező, szemmel nem látható vékony oxidrétegnek tulajdonítandó.

Faraday megvizsgálta a Gymnotus nevű hal elektromos szerveit és az ezek által kifejtett elektromos erő irányát.

1850-ben fölfedezte az összefagyódást, mely tűnemény, mindamellett hogy nagyon is mindennapi, kikerülte a megelőző bűvárok figyelmét. Azóta ez a tűnemény, a fagyás és olvadás kísérleti és elméleti törvényeivel kellő összhangba hozatván, világosságot vet a jég idomíthatóságára s az evvel összefüggő, a glecserek képződésében

és mozgásában nyilvánuló nagyszerű természeti tüneteményekre.

Mindezek fölemlítésével a Faraday által kivívt eredmények képét ha teljessé nem tettük is, de legalább kiegészítettük. Szólanunk kellene még ama nagyszámú kísérletekről, melyekkel a már ismeretes fizikai elveknek igazságát a legszembetűnőbb alakban demonstrálta; azonban a már mondottakból is eléggé kitűnik, hogy a fizika története nem mutathat föl még egy olyan férfiút, ki az experimentális fizikát annyi új és oly fontos tényekkel gazdagította volna, mint Faraday. S épen ez a körülmény kiváló érdekűvé teszi a Faraday szellemi műhelyébe, eszméi világába való pillantást.

Faraday a szó szoros értelmében autodidakta volt. Oly szegényes körülmények között nevelkedett föl, hogy csak a legelemiebb oktatás jótéményeiben részesülhetett. Láttuk, miként erőlködött, hogy e korlátolt nevelés hiányait pótolja, hogy korán fejlődő tehetségeinek tudományos

táplálékot nyújtson. Szellemi fejlődése történetében egyedüli szerencsés körülményül azt lehet fölhozni, hogy Humphry Davy-ben elég jókor hathatós pártfogóra talált: az alárendelt állomás, melyet ez a kitűnő pártfogó neki szerzett, elegendő volt, hogy fölsegítse a legfényesebb pályára, melyet experimentális fizikus valaha befutott.

Faraday szellemi fejlődésének ez a módja nem lehetett hátrányok nélkül, de abban bizonyos előnyöket sem lehet félreismernünk. Faraday szelleme nem volt elméleti nézetek által már előre is bizonyos meghatározott irányba terelve, a tünetmények reá sokkal közvetetlenebbül hatottak, mint arra, ki előzetes tanulmányainál fogva minden új jelenséggel szemben mindenekelőtt arra gondol, hogy miként lehetne s miképen kellene a szemlélteket egyik-másik kész elmélet testére szabni. Ez a korlátozottság sok esetben megakadályozta volna Faraday-t a tünetmények reális természetének fölismerésében s ez által az egynemű tények egész csoportjának fölfedezésében. A hát-

rányok főképen a matematikai gondolkodásmód hiányában nyilvánultak.

Faraday-t igen sokan tisztán csak induktív bűvárnak tekintették; azonban ezt a nézetet maga Faraday tudományos munkássága alaposan megcáfolja. Így például Tyndall tanúsága szerint, Faraday, midőn a legnagyobb fölfedezését tette, egészen el volt telve Ampère elektrodinamikai elméletével és száz meg száz kísérletet csak azért hajtott végre, hogy az ebből az elméletből vonható dedukciókat megvizsgálja. Ampère elmélete volt az, mely Faraday-nak a természeti erők kölcsönösségéről alkotott szilárd meggyőződését az elektromosság és mágnességre vonatkozólag arra a fokra érlelte, hogy öntudatosan és biztos sikerreményével foghatott a kölcsönösség kísérleti demonstrációjához. Persze, az elméleti téren Faraday egészen más magatartást tanúsított, mint a kellő elméleti előképzettséggel rendelkező többi kiváló fizikus. Az imént említett eset a legalkalmasabb arra, hogy közötté és például Ampère között párhuzamot vonjunk. Ampère-t jó eleve

mathematikai spekulációk vezérelték; a mágnesek konstitúciójára vonatkozó elmélete az áramok kölcsönhatásának matematikai tanulmányozásából származó eredmény volt. Másképen áll a dolog Faraday-vel: elmélkedései kiinduló pontjai az érzékileg észlelhető eredmények valának; főtörekvése abban állott, hogy az eredmények okait is, mintegy - ha szabad e kifejezéssel élnünk - megérzékiesítse. Az elektromosság vezetéséről, az elektrolízisről s az elektromos és mágneses megosztásról alkotott képzeletei egyaránt tanúskodnak arról, hogy mindig arra törekedett, hogy a tünetmények lefolyásának benső lényegét tekintet nélkül a bizonyos tényezőkkel okozatosan összefüggő erők mikénti működésétől, egyedül a végeredménnyel tapasztalati összhangban álló elemi proczesszusokra vezesse vissza. Sok kísérletét csakis elméleti nézeteinek igazolása végett hajtotta végre, s ha Faraday az elméletekkel csínján bánt s aránylag igen csekély elmélettel lépett föl, ezt csak annak kell tulajdonítanunk, hogy minden olyan nézetet, mely a kí-

sérleti próbákat ellenmondás nélkül ki nem állotta, elvetett. Faraday-ben számos elmélet és hipotézis fogamzott meg, s ha ezek a tudományos világ tudomására nem jutottak, ez csak azt bizonyítja, hogy igazolásuk céljából tett kísérletek sikertelenek maradtak. S mivel még akkor is, midőn a kísérletek sikere várakozásait igazolta, elméleti nézeteit nem mindig terjesztette elő, sőt gyakran az elméleti utólagos megállapításoknak is ellenszegült: úgy látszott, mintha kiváló fölfedezéseinek jelentős része inkább valamely szerencsés inspirácziónak, mint bizonyos előre megállapított alapelvek öntudatos és következetes alkalmazásának eredménye lett volna. Faraday az elméleti nézetek alkotására szüntelenül törekedett, e törekvés nélkül nem hozhatta volna létre sokoldalú s természeti tűnemények ezerféle változataira kiterjeszkedő kísérleti eredményeit. S ha egyszer valamely kísérleti ténynek birtokába jutott, a tény sokáig elszigetelve nem maradt, mert éppen a spekulácziói által vezéreltetve, csakhamar fölismerte a ténynek a tűnemények

egész csoportjára kiterjedő jelentőségét. "Kísérleteinek szellemére gyakorolt hatását, mondja Tyndall, néha-néha összehasonlítottam valamely nagyon gyulékony anyaggal, melyet az olvasztókemenczébe vetünk; minden új ténynek hozzájárulása abban azonnal hőt és fényt fejlesztett. A fény a szellemből fakadt s oda segítette őt, hogy a tények határán túl messzire tekinthessen, a hő pedig kedélyéből fakadt s arra biztatta őt, hogy az újonnan föltárt tért egészen meghódítsa. De mindamellett hogy képzelő tehetsége határtalan volt, azt mégis erőteljes lovag módjára megfékezte s soha sem engedte meg neki, hogy értelmét a nyeregből kivesse. Élénk fantáziájából eredő eme tágas látókörével a legcsekélyebb kezdetektől fölemelkedett a legmagasztosabb célokgig."

Még csak néhány olyan esetet akarunk előterjeszteni; melyekből világosan kitűnik, hogy Faraday elméleti koncepczióiban mily szigorúan ragaszkodott a pozitív fogalmakhoz s mily állhatatosan törekedett arra, hogy az elméleti néze-



teket a legcsekélyebb részletekig is érzékileg fölfoghatóvá tegye.

Faraday 1844-ben a Royal Institutionban tartott esti előadásában megtámadta és elvetette Dalton atómos elméletét. Faraday nem arra gondolt, hogy ez az elmélet a chemia tényeit teljesen kimagyarázza, s ennélfogva mint elmélet épen olyan jogosult, mint például a gravitáció elmélete, mely a bolygók mozgásának tényeit kimagyarázza, hanem előtte az elmélet és a valóság objektív lehetőségének kérdése lépett előtérbe. Az a föltevés, hogy az anyag nem folytonos, hanem részecskéi bizonyos közökkel választatnak el egymástól, szerinte az elektromosság alaptünetményeit kimagyarázni képtelen. Az atómos elmélet szerint az anyagi tömegeknek egyedüli összefüggő része a tér; Faraday mármost kimutathatni vélte, hogy ez a föltevés teljes ellenmondásban van az anyagok vezető képességével: mert ha a szigetelőkben, például a sellakban maga a köztér vezető volna, akkor valamely finom fémes szövethez kellene hasonlítania, mely

szövet a sellakot minden lehető irányban áthatja, holott a tapasztalás szerint a tér hasonlít a fekete pecsétviaszban levő viaszhoz, mely a pecsétviaszban szétosztott szénrészecskéket körülveszi és elszigeteli; tehát a tér a sellakban szigetelő. Ellenben ha a tér a fémekben is, melyeknek részecskéit szintén körülveszi szigetelő volna, az elektromosság nem mehetne át atómról-atómra, mivel pedig az átmenet tényleg megvan, következik, hogy a tér a fémekben vezető.

Ilyen nézetek, melyeket minden egyébtől eltekintve, Faraday saját megosztás-elméletével lehetne megczáfolni, Faraday előtt elég nyomósaknak látszottak arra nézve, hogy az atómos elmélet helyébe az anyag folytonosságának elvét, s az atomok helyébe az erőcentrumokat tegye. Ez által elejtette a tömeg és a tehetetlenség fogalmát, melynek az elektromosság és a mágnesség körében nincs ugyan értelme, de a melyet a dinamika nem nélkülözhet.

Faraday nemcsak az anyagról, hanem még az erőkről is a többi fizikusokéitól egészen eltérő képzeleteket alkotott. Szerinte az erő olyas valami, a mi azon az egyenes vonalon, melynek irányában működik, tényleg megvan; a nehézség-erő is a teren át egyenes vonalakban működik, mely vonalak a Naptól a Földig húzódnak. Úgy látszik, hogy Faraday emez erővonalak fogalmát a mágnes-sarkok körül bizonyos vonalak mentén összecsoportosuló vasreszelék elrendezkedéséből merítette; annyi bizonyos, hogy a mágnesi erővonalak hipothézisét a vasreszelék közvetetlen szemléletére alapította. A mágnesség tanában ez erővonalaknak bizonyos tekintetben észszerűségük van, bár az ilyen erő-konceptció, mely elvégre az erőhatások összetételében gyökeredzik, a mechanikai elveken kívül más föltételekre nem szorúl. Azonban Faraday evvel a sajátyszerű erő-konceptcióval az elektromosság és mágnesség tünetényei körében egészen otthonosan mozgott, s azt a mágnesség, a diamágnesség, a kristályok mágnessége, főképen pedig az indukció tü-

neményeivel okozatos összefüggésbe hozta. Faraday úgy vélekedett, hogy az erővonalak segítségével az éter hipotézisét fölöslegessé teheti: szerinte a fény és sugárzó hő ezeknek a vonalaknak megrendüléséből áll, s a hullámelméletet ebben az értelemben fogadta el. Különben Faraday az ilyen sajátságú koncepcziókhoz makacsúl nem ragaszkodott, s mindig kész volt azokat megváltoztatni, vagy teljesen abba hagyni; több ízben nyíltan bevallotta, hogy azokat csak bizonyos szellemi benyomások alatt hozta létre s nem kívánja, hogy valaki azokat valamely biztos megállapodás eredményeként tekintse.

Látnivaló, hogy Faraday összes tudományos tevékenységén az elméletek és spekulációk hosszú láncolata vonúl át, s hogy folytonosan a realitás felé törekvő filozófiai szellemi irányzata mellett méltán kívánhatta, hogy a fizika a természetfilozófiának, s a fizikus pedig a filozófusnak nevét megtartsa.

VIII. Faraday magánélete, jelleme. - Halála.

Faraday 1827-ben a Royal Institutionen, mint Brande utóda, a kémiai tanszéket nyerte el. Egyéb hivatala nem is volt; s mindamellett hogy a külföld őt kitüntetésekkel elhalmozta, saját hazájában a legmagasabb tudományos méltóságot, a Royal Society elnöki tisztét, nem viselte. Faraday a formai kitüntetésekre s a hír külső jeleire mentül kevesebbet adott, pedig a legmagasabb kitüntetéshez vezető út előtte nyitva állott; csak akarnia kellett volna, s honfitársai kitüntető bizalma őt méltóságokkal elhalmozta volna. Midőn lord Wrottesley lemondása után a Royal Societyben az elnöki szék betöltendő vala, a társaság bizottságának egy küldöttsége fölkérte Faraday-t az elnöki tisztség elfoglalására. De ő minden sürgető kérelemnek ellenállott; barátai rábeszélése hasztalan volt. "Egyszerűen Faraday-nek kell maradnom," ezt felelé ő a biztató Tyndall-nek, s hozzá tette "csak azt akarom önnek mondani, hogy ha azt a kitüntetést, melylyel a Royal Society engem fölruházni akar, elfogadnám, nem bí-

zom magamban, hogy szellemi erőm csak egy évig is megtöretlen maradna."

Northumberland herczeg halála után a Royal Institution mit sem óhajtott forróbban, mint azt, hogy Faraday ez intézetnek elnöke legyen, hogy pályafutását úgy végezze be mint elnöke azon intézetnek, melybe egy félszázad előtt heti zsolddal lépett. De Faraday erről a hivatalról sem akart hallani. A nyugalom és a szellemi függetlenség utáni vágya most sem hátrált a kitüntetés csábító ingere elől.

Faraday nemcsak a kitüntetések, hanem e földi javak iránt is közönyös volt, s csak annyival akart bírni, a mennyiből családját tisztességesen föntarhatta. Mégis, midőn szorúlt anyagi körülmények közé jutott, a mi ugyan csak egyszer történt meg, nem áttallotta, hogy tudományát üzleti szempontból értékesítse. 1830-ban barátja, Richard Phillips számára elemzéseket hajtott végre, mely munkája jövedelmét mintegy 1000 font sterlinggel szaporította. Ez a mellékjövedelem a

következő két évben fokozódott, s csak akarnia kellett volna, és könnyű szerrel évi 5000 fontnyi mellékjövedelemre tehetett volna szert. Csak-hogy ekkor le kellett volna mondania arról, hogy idejének legnagyobb részét tudományos vizsgálatoknak szentelje, már pedig ez a gondolat távol maradt tőle, s ha látjuk, hogy három éven át tudományos, rendkívüli elfoglaltsága mellett is jövedelmei szaporításán fáradozott, ezt csakis szorult viszonyainak kell tulajdonítanunk, a melyekben saját szavai szerint "végleg el kellett magát határoznia, hogy a pénzszerzést, vagy pedig a tudományt tűzze-e ki élete célpontjául." Faraday mellékjövedelmei 1832 óta figyelemre alig méltó összegekre apadtak le, s csak 1845-ben, midőn a haswell-i kőszénbányákban történt robbanás megvizsgálásával bízott meg, rúgtak 112 font-ra. "Ha élete folyását szemléljük, mondja Tyndall, látjuk, hogy ez a kovácsfiú és egykori könyvkötő-segéd szabadon választhatott egy részről 150,000 font str. vagyon és másrésről a

fejletlen tudomány között. Ő az utóbbit választotta s mint szegény ember halt meg."

1835-ben Sir Robert Peel, a híres államférfiú és akkori kormányelnök Faraday-nek penziót akart felajánlani, azonban még mielőtt szándékát végrehajthatta volna, a kormányról lelépett. Április 20-án Faraday Sir James South részéről értesült a híres államférfiú dugába dőlt tervéről. Faraday erre a levélre írt válaszában (melynek elküldését azonban apósa megakadályozta) a következőket mondotta: "Reménylem, hogy ön nem fogja azt gondolni, hogy önnek irántam tanúsítandó jószágát nem ismerem el, vagy önnek érdekében tett fáradozásait nem méltánylom, ha kijelentem, hogy én penziót mindaddig, míg képes vagyok életszükségleteimet megkeresni, el nem fogadhatok. Ne tessék ebből nézeteimre hamaros következtetést vonni. Ellenkezőleg, úgy hiszem, hogy a kormánynak teljesen igaza van, ha a tudományt megjutalmazza és támogatja. S azt is szívesen elhiszem, hogy szerény törekvéseim ilyen elismerésre méltóak, mivel ilyet nekem szántak, s azt



gondolom, hogy a tudomány férfiai helyesen járnak el, ha efféle penziókat elfogadnak; mindazonáltal nem akarok fizetést elfogadni olyan szolgálatokért, melyeket valósággal nem tettem, midőn még képes vagyok az életföntartásomra valót megszerezni."

Lord Melbourne, Peel utódja, Faraday-t látni kívánta. Melbourne Faraday előtt furcsa nyilatkozatokat tett, a többi között a tudósoknak és íróknak szánt penzió-rendszert humbugnak nevezte. Faraday még az nap írt a nemes lordnak, s a neki szánt penziót szépen megköszönte. A kormányelnök először tréfára vette a dolgot, de később nagyon megrestelte botlását. Egy előkelő hölgy, ki Faraday-nek és az elnöknek egyaránt jó ismerőse volt, a dolgot ki akarta egyenlíteni, de Faraday hajthatatlan maradt, s olyan kívánságot fejezett ki, melynek teljesítését "sem nem várhatta, sem nem követelhetette." Mindazonáltal a kívánság teljesítettett, mert a lord Faraday-t őszintén megkövette.

Faraday rendkívüli önzetlenségével rend- és igazságszeretete, polgári és családapai erényei egyaránt vetekedtek. Irigység soha sem fért hozzá; más tudósok érdemes műveit nemcsak hogy a legnagyobb elismeréssel fogadta, hanem a mások, különösen az ifjabb bűvárok vizsgálatait tanácscsal és tettel támogatta. Még él Angolországban egy olyan tudományos nemzedék, mely a Faraday-vel való tudományos és baráti érintkezést legfőbb büszkeségei közé számítja.

Faraday származását sohasem tagadta meg, sőt ifjúkori emlékei előtté mindig kellemesek valának. 1841 aug. 2-án svájcki tartózkodása alkalmával ezt írta naplójába: "A czipőszögek gyártása itt eléggé jelentős, s kellemes ezt a munkát nézni. Szeretem a kovácműhelyt s mindazt, a mi a kovácmesterségre vonatkozik. Apám kovács volt."

Lássuk még Faraday-nek a természettudományi oktatásra vonatkozó nézeteit. 1862-ben a nyilvános iskola-bizottság tagjainak e tárgyban

hozzá intézett kérdésére, a többi között a következőket felelte: "Hogy a természettudományi ismeretek, melyekben a világ az utolsó ötven évben oly bőségesen részesült, úgyszólván érintetlenek maradtak; hogy nem tétetnek elegendő kísérletek arra nézve, hogy azok a felserdülő ifjúsággal közöltessenek, hogy az ifjúság e dolgokba bevezettség: mindez előttem olyan különösnek látszik, hogy alig vagyok képes megérteni. Mindamellet, hogy a látszat szerint az opposíció fogatkozó félben van, azt mégis bajos lesz leküzdeni. Hogy annak mégis le kell küzdetnie, ebben semmiféleképen sem kételkedem." Faraday azt szokta volt mondani, hogy "húsz évi munka kell ahhoz, míg fizikai dolgokban az ember férfivá érlelődik, mindaddig csak a gyermekkor állapotában marad." E nyilatkozatával összhangban van az a felelete, melyet a bizottság ama kérdésére adott, hogy melyik kor a legalkalmasabb a fizikai tanulmányok megkezdésére: "Úgy hiszem, mondá Faraday, hogy e kérdésre csak több évi tapasztalat után lehet felelni. Részemről csak any-

nyit mondhatok, hogy az ifjúság számára karácsonykor tartott előadásaim alkalmával sohasem találtam olyan gyermeket, mely nagyon fiatal lett volna arra, hogy azt, mit neki mondtam, meg ne értse. Közülök sokan az előadás után oly kérdéseket intéztek hozzám, melyek mutatták, hogy a dolgot értették." "A természettudományok tanulmányát, mondá még Faraday, a szellem pompás iskolájának tartom. Ama törvények mellett, melyeknek a teremő minden teremőtt lényt alávetett, s az anyagnak és az anyag erőinek egysége és változhatatlansága mellett az értelem nevelésére jobb iskola nem lehetséges."

1866 telén Faraday testi ereje teljes fogyatékán volt. Csak a Holtz-féle elektromos gép iránt tanúsított élénk érdeklődést, az utolsót azok közül, melyeket eredményekben gazdag életében oly sokszor tanúsított. A következő év tavaszán teljesen elgyengült, közbe-közbe félre beszélt; a végkimerülés még ugyanazon tavaszon állott be.

Faraday 1867 aug. 25-én, Hampton-Court-ben 76 éves korában halt meg. Életének legszebb emléket barátja, John Tyndall állított biográfiájával.

# ROBERT MAYER



*J. H. Mayor.*

A következőkben meg fogjuk ismertetni életét s műveit annak a férfiúnak, ki a fizikának legfontosabb és legáltalánosabb elvét állította föl, kinek eszméi által több-kevesebb öntudatossággal már évszázadok óta kutatott igazság testesült meg.

Egy oly törvénynek a fölkeresése, melynek szigora alól egy természeti tüneményt sem lehet kivonni, a legméltóbb tárgya lehetett az olyan tudománynak, mint a milyen a fizika. Hogy ez a tárgy, mely most, miután feltaláltatott, olyan nagyon egyszerűnek látszik: mégis egyike volt a legnehezebbeknek, arról meggyőzően tanúskodik az a körülmény, hogy feltalálása csak a fizika egyes ágainak nagy kifejlődése után sikerült, hogy e találmányt a tünemények benső összefüggését kimutató experimentális és raczionális bűvárlatok nagyszámú specziális eredményeinek kellett megelőzniök.

Az erő megmaradása elvének felállítása a Mayer halhatatlan érdeme. Ez az elv, mely nem csupán a fizikára, hanem a természettudományok

valamennyi ágára új fényt vala derítendő, egyike a legnagyobb tényeknek, melyekkel a fizika Galilei óta gazdagodott, mert míg egyrészt ezen elv által az ismert tények elvies jelentőségű törvényei általános igazságnak alárendelt, de egymással - épen ez általános igazság következményei által - szorosan összefüggő tagjaivá lettek, másrészt ez az elv maga is a specziális bűvárlatok új mezejét nyitotta meg, oly mezejét, mely emez alapigazság nélkül, mint a föltétlen kiinduló pont nélkül, eddig sem vala, s ezután sem lett volna átkutatható. A Mayer megnyitotta mezőnek teljes megmívelése még sok nemzedék munkáját fogja igénybe venni.

Az ily nagy dolgok létrehozás-módja rendesen megfelel a tárgy fontosságának. Valóban, a Mayer elvének szülője oly igazság volt, mely egymagában elegendő volt arra, hogy a fizika egyik ágában korszakot alkotott légyen. A hő mechanikai egyenértékének feltalálása volt a Mayer-féle elv igazolásának talpköve. Azt, a mit az általános elv a raczionalitás szempontjából az



igazolásra igényelt, szintén Mayer találta föl, még pedig oly tényben, mely egymagában véve új tudományt alapított. Mindazonáltal a hő mechanikai egyenértéke maga nem volt az elv általános képviselője, sőt ellenkezőleg, mint igazoló tény annak egyszerű logikai következménye volt, mert a mint látni fogjuk, Mayer egészen általános koncepczióból indult ki s csak ennek alkalmazásával mint következményt állította föl a hő mechanikai egyenértékének tételét, bár másrészt az is igaz, hogy a hőnek a többi természeti erőhöz való közvetetlen viszonya volt az, a mi az általános koncepczióra legközelebbi alkalmat adott.

Azon férfiúnak élete, ki a természettudományokat ily nagy ténnyel gazdagította, bizonyára nagy érdekű volna még akkor is, ha külső eseményekben még oly szegény volna is. De Mayer életét nem csupán a tudományos nagy eredmények teszik érdekessé, hanem még a külső viszontagságok is, melyek az újabb kultura-viszonyoknak meglepő, még pedig nem örömdetes meglepő képét tárják föl. Mayer külső életében

egyetlen egy kiváló mozzanat van, de ez az egy mozzanat szellemi életével s műveivel a legszorosabban összefügg; ez a kapcsolat azt mutatja, hogy ha az úttörő szellemek üldözéseinek kellett tanúi akarunk lenni, korántsem kell a Galilei vagy éppen a Roger Baco koráig visszamennünk; továbbá mutatja, hogy az igazi érdemnek, persze egészen más motivumokból mint a Galilei korában vagy általában a régibb időkben, még a "fölvilágosodás századában" is keserű méltatlanságokkal kell megküzdenie.

I. Mayer ifjúsága; tanulmányai s ezek irányzata. - Orvosi pályája. - Utazása Jáva szigetére.

Julius Robert Mayer 1814 novemb. 25-én Heilbronnban, a württembergi királyságban született. Atyja a természettudományokban, különösen pedig a chemiában jártas gyógyszerész volt.

Robert a heilbronni gimnáziumba járt, de az oktatás-rendszer követelményeinek nem igen tett eleget, mert a görög és latin nyelv egyáltalában nem volt ínyére; mivel pedig a fősúly ezekre a

tárgyakra volt fektetve s a gimnázialis felfogás minden képességet a szellemnek a grammatikai kaptafához való idomíthatósága szerint osztályozott, Robert hivatalból a rossz tanulók között maradt. A gimnázium épen nem volt alkalmas arra, hogy Robert szellemét abba az irányba terelje, melyben később leghíresebb munkáját végrehajtotta, s bizvást elkallódhatott volna, ha a házi nevelés a gimnázialis félszegségeket nem kompenzálja. Robert-et, valamint Frigyes nevű hat évvel idősebb bátyját, atyja által vezette be a modern chemiába, s hogy ez a házilag kezelt tudományos nevelés semmi kívánni valót nem hagyott, erről élő tanúságot tesz az a körülmény, hogy Robert még későbbi éveiben is chemiai dolgokban bátyja ismereteihez folyamodott, s a kellő fölvilágosítást mindig föllelte.

Mielőtt egyetemi tanulmányait megkezdette volna, három évet a schönthali theologiai szemináriumban töltött. Mindamellettt hogy az itt uralkodó rendszer szellemi irányzatának még kevésbé felelt meg, bizonyos tekintetben mégis

döntő befolyással volt: itt fogamzott meg benne a vallásos elvekre fektetett világnézet, mely későbbi elhagyatottsága és üldözései közepette mindinkább erősödő gyökereket vert, tudományos tevékenységére pedig csakis korlátozó befolyással volt. De ez a szellemi látókört mód nélkül megszorító szemináriumi oktatás még sem volt képes Mayer szellemének mozgékonyását fékezni s Mayer az érettségi vizsgálat letétele után oly pályát választott; melyen a természettudományok iránt való hajlamainak elég tágas tere nyílt: 1832-ben a tübingai egyetem orvosi fakultásába iratkozott be. Itt nyolcz féléven át kizárólag az orvosi tudományokkal foglalkozott; a filozófiai kurzusokkal mentül kevesebbet törődött s a fizikát csak futólagosan hallgatta; mivel pedig nem volt az a természete, hogy az olyan ismereteket, melyeket legbiztosabban a természet szemléletéből és kísérleti úton lehet elsajátítani, a könyvekből merítse, inkább a tanulmányozandó tárgyak közvetetlen szemléletébe merült el. Ez az eljárás őt önállóságra szoktatta s arra képesítette,

hogy spekulációit az iskoláztatással kisebb-nagyobb mértékben mindig együttjáró elméleti korlátok nélkül a tünemények közvetlen szemléletére fektethesse. Valóban, nagy fölfedezésének kiinduló pontja egy önmaga tette fízológiai észlelet volt, melyet a hő mechanikai egyenértékével összefüggésbe hozni csakis önálló gondolkodása segítségével tudhatott. Mayer az ő céljaira nézve a matematikát csak eszköznek tekinté s csak később, a gyakorlati szükségstől kényszerítette, tanulmányozta magán úton a felsőbb kalkulus elemeit.

Mayer-nek egyetemi tanulmányai egy évi megszakítást szenvedtek, minek oka egy konzilium abeundi volt. Mayer egy burschenschaft élén állott; mivel pedig az efféle egyesületek, mint politikai szempontból veszélyesek üldöztettek, veszélyes pozíciónak tette ki magát. Hogy mi adott a Mayer eltávolítására legközelebbi alkalmat, ezt jelenleg már nehéz volna kitudni; tény az, hogy Mayer a konziliumot megelőzőleg karcerbe vettetett, melyből azonban már a büntetés

idejének letelte előtt kiszabadult, mert a rajta elkövetett igazságtalanság tudatában a passzív daczoláshoz folyamodott: nem vett magához táplálékot, és így végre ki kellett eresztetni. Mayer Münchenben és Bécsben folytatta tanulmányait, de 1838-ban engedélyt kapott, hogy Tübingába visszatérhessen s az orvosi diplomát hazájában szerezhesse meg.

A fiatal orvos szülővárosában telepedett le, hogy itt mint gyakorló orvos működjék; de mivel atyja azt óhajtotta, hogy bővebb ismeretek szerzése végett a nagyvilágban körülnézzon (miként ezt fiatal korában ő maga is tette), nagyobb utazásra szánta el magát. Az erre szolgáló alkalmat a hollandiaknál könnyen megtalálhatta; 1839-ben egy magántulajdonosnak kereskedelmi hajóján hajóorvosi minőségben Rotterdamból elindulva, Jáva szigetére utazott.

Könnyen érthető, hogy ez a nagy út a természet közvetetlen szemlélete iránt fogékony Mayer-nek szellemére nem maradhatott tartós

befolyás nélkül. Mintegy négy hónapig tartó utazása alatt ideje volt a természet tüneményeinek rendkívüli változatosságában gyönyörködni. Magányában nem is tehetett volna egyebet, mert a hajón senki sem betegedett meg, szórakozása pedig nem volt. Mindazonáltal nem a nagy természet szemlélete volt az, mi őt a termékeny spekulációk útjára terelte, hanem Jáva szigetére megérkezve, orvosi kötelességeinek teljesítése közben jött azokra a gondolatokra, melyek bővebb kifejtése őt a természet egyik legnagyobb törvényének felállítására vezette.

Minthogy mindig nagyon érdekes ismerni azt a forrást, melyből valamely nagy igazság fakad, nem mulaszthatjuk el, hogy eszméinek keletkezését ne idézzük.

"1840 nyarán, mondja Mayer, a Jáva szigetére újonnan megérkezett európaiakon végrehajtott érvágásoknál azt tapasztaltam, hogy a kar vénájából eresztett vérnek majdnem kivétel nélkül föltűnően vörös színe volt."

"Ez a jelenség magára vonta teljes figyelme-  
met. Kiindulván a Lavoisier égés-elméletéből,  
mely az állati hő égés-folyamatnak tulajdonítja,  
azt a kettős színváltozást, melyet a vér a kicsiny  
és a nagy körfutás hajszáledényeiben szenved,  
úgy tekintettem, mint a vérrel végbemenő oxidá-  
ciónak érzékileg észrevehető jelét, látható refle-  
xusát. Az emberi test állandó mérsékletének  
megtartására kell, hogy annak hőfejlesztése a hő  
veszteségével, tehát a környező médium mérsék-  
letével is szükségképen bizonyos értékviszony-  
ban álljon s ennél fogva kell, hogy mind a hőter-  
melés és az oxidáció-folyamat, mind pedig  
mind a két vérnemnek színekülönbsége a forró ég-  
őv alatt egészben véve kisebb legyen mint a hi-  
degebb vidékeken."

Mayer ezután a fiziológia ismeretes tényeiből  
kiindulva, a táplálkozás eredményét szintén a test  
által elhasznált alkotórészek pótlásában és a hő-  
fejlesztésben látja. Ez utóbbi ismét kétféle lehet:  
vagy az állati testben közvetetlenül fejlesztett s  
ezután a környezetnek átadott hő, vagy pedig a



test által mechanikai úton, például surlódás által közvetve fejlesztett hő. Mármost azt kell tudni, "vajjon egyedül a közvetlenül fejlesztett hőt, vagy pedig a közvetetlen és a közvetett úton fejlesztett hőmennyiségek összegét kell-e az égés-folyamatnak felróni?"

E kérdésre a feleletet Mayer az égés-elmélet amaz alaptételében találta, mely szerint bizonyos anyag elégetésénél keletkező hőmennyiség változatlan, azaz az égést kísérő körülményektől független nagyság, tehát a tüzelő anyagok kémiai hatásának nagysága az életfolyamat által sem szenvedhet változást, vagyis az élő organizmus hőt semmiből nem teremthet. Ha pedig maga az organizmus hőt nem teremthet, akkor az sem tehető föl, hogy az organizmus termelte hő a kémiai hatásnál nagyobb lehetne; tehát az organizmus fejlesztette összes hőmennyiség az égés-folyamat hatásával egyenlő.

"Ebből mármost ép oly szükségképen következik, hogy az élő test fejlesztette mechanikai hő-

nek az erre fordított munkával változatlan értékviszonyban kell lennie. Mert ha például a hőtermelésre szolgáló mechanikai készülékek különböző szerkezetéhez képest és változatlan organikus égés-folyamat mellett ugyanazon munkával különböző hőmennyiségeket lehetne kapni, akkor ugyanazon anyagfogyasztás mellett a termelt hőmennyiség hol nagyobb, hol kisebb lenne, a mi a föltétellel ellenkezik. Minthogy pedig az állati test mechanikai munkája és más anorganikus munkafajok között qualitív különbség nincs, következik, hogy a hő és a munka között fönnálló változatlan értékviszony a fizioológiai égés-elméletnek posztulátuma."

"Miután általánosságban a jelzettem irányban haladtam, mondja tovább Mayer, főfigyelmemet végtére is a mozgás és a hő között fönnálló fizikai összefüggésre kellett fordítanom."

Mayer előadásából világosan kitűnik tehát, hogy őt a mechanikai egyenérték feltalálására, legalább közvetetlenül, nem a raczionális mecha-

nika elvei, sem pedig a hő mibenlétére vonatkozó régibb hipotézisek vagy kísérletek, hanem pusztán a fiziológiai égés-elméletnek az állati test kifejteste munkára való alkalmazása vezette.

Mayer azonnal fölismerte következtetéseinek rendkívüli jelentőségét. A hő mechanikai egyenértékének létezéséről meggyőződván, most még csak ezt az egyenértéket kellett kiszámítania. Az elmélet fővonásaiban készen volt, csak a részleteket kellett még kidolgozni. Mayer azon volt, hogy hazájába minél előbb visszatérhessen, mert Jávában nem rendelkezett munkája véghezvitelére megkívántató adatokkal. Négy havi keletindiai tartózkodás után visszament szülőföldjére, melytől, az utazást beleértve, egy évig volt távol.

## II. A hő mechanikai egyenértéke.

Mivel Mayer további életviszonyai amúgyis szorosan összefüggnek tudományos munkálkodásával, amazok elbeszélését egyelőre félbeszakítjuk s először szellemi tevékenységét fogjuk ismertetni. Mayer visszatérése után nemsokára

abba a helyzetbe jutott, hogy elmélkedéseinek gyümölcsét teljesen megérlelje s az általa felállított igazságot a természettudományoknak valamennyi ágára alkalmazza. Legfontosabb iratai, melyek az elmélet s az alkalmazás főpontjait már magukban foglalják, az 1842-től 1848-ig terjedő rövid időközben jelentek meg.

Mayer 1842-ben a Wöhler és Liebig által kiadott *Annalen der Chemie und Pharmacie* című folyóirat májusi füzetében (XLII. köt. p. 233) tette közzé *Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur* című első értekezését, mivel ez a Poggendorff évkönyveinek szerkesztősége részéről, mint a közzétételre nem méltó, megelőzőleg visszautasított. Így esett meg, hogy a jóakarói iránt mindig hálás Mayer-nek később különös köszönetét kellett kifejeznie Liebig-nek, hogy "igénytelen" munkájának egy tekintélyes szakközlönyben helyet juttatott!

Az említettük rövid értekezés, mely záradékul már a hő mechanikai egyenértékét kifejező szá-

mot is előterjeszti, magában foglalja Mayer-nek az erők elpusztíthatatlanságára vonatkozó alap-gondolatait a hozzátartozó erőformulázással együtt. A dolog természete kívánja meg, hogy először az értekezés elvi oldalával foglalkozunk.

Mayer értekezésének célja, mint a szerző maga mondja, az, hogy megpróbáljon megfelelni ama kérdésre, hogy mit értünk erők alatt s hogy ezek egymással miképpen függenek össze; Mayer arra törekszik, hogy az erő fogalmát ép oly szabotossá tegye mint az anyagét.

"Az erők okok; ennél fogva azokra a következő alapelvet alkalmazhatjuk: *causa aequat effectum*. Ha valamely  $c$  oknak hatása  $e$ , akkor  $c = e$ ; ha ismét  $e$  oka az  $f$ -nek, akkor  $e = f$ , és így tovább  $c = e = f = c$ . Az okok és hatások láncolatában, miként ez valamely egyenlet természetéből kitűnik, valamely tag vagy valamely tagnak része soha sem válhatik zérussá. Valamennyi oknak ezt az

első alaptulajdonságát elpusztíthatatlanságuknak nevezzük."

Mayer evvel meghatározta az erők első főtulajdonságát; mármost abból, hogy ugyanazok az okok más okokká átalakúlhatnak, az következik, hogy azok különféle alakokat vehetnek föl, minél fogva Mayer az erőket elpusztíthatatlan, átváltozó (wandelbar) és az anyaggal való ellentét kedvéért imponderabilis objektumoknak nevezi.

Az imént előrebocsátottakat Mayer a következőképen értelmezi: "Bizonyos ok, mely valamely tehernek fölemelését eredményezi, erő; tehát a hatása, a fölemelt teher, szintén erő; mit általánosabban így fejezhetünk ki: súlyos tárgyak térbeli különbsége erő; mivel ez az erő a test esését eredményezi, esés-erőnek nevezzük. Az esés-erő és az esés, vagy még általánosabban, az esés-erő és a mozgás erők, melyek úgy vannak egymáshoz mint ok és hatás; erők, melyek egymásba átmennek, ugyanannak a tárgynak különböző két tünetényformája.

Például: a földön nyugvó teher nem erő; sem a mozgásnak, sem pedig valamely más teher fölemelésének nem oka, de ezzé válik abban a mértékben, melyben azt a földről fölemeljük; az ok, vagyis a teher távolsága a földtől, és a hatás, vagyis a létrehozott mozgásmennyiség, mint ezt a mechanika tanítja, állandó egyenletben vannak."

Látni való, hogy Mayer szerint az erőnek csak a térrel kapcsolatban van határozott értelme; hogy valamely test essék, oda nem elég a nehézség, hanem megkíváncsatik, hogy az előbb fölemeltessék, tehát az esést nem tulajdoníthatjuk magának a nehézségnek.

A mechanika megállapítja az esés-erő s az esés között való összefüggést; mi történik mármost akkor, ha az esés-erő átváltozott eséssé, de az esés, vagyis a mozgás, mint erő, megszűnik? Miféle harmadik erővé változik át az esés-erő? Mayer, támaszkodva a közönséges tapasztalásra, különösen pedig a surlódás előidézte hőtünemé-

nyekre, az erő harmadik formájául a hőt ismeri föl, de hozzáteszi, hogy az ide vonatkozó tapasztalatoknál különös figyelemmel kell lennünk arra, vajjon a hő pusztán csak a mozgásból keletkezett-e? Ha a test olyan anyagra esnék, mely ütés által fölrobban, akkor a robbanásnál fejlődő hőt bizonyára nem lehet csupán a test mozgásából keletkezettnek tekinteni.

Hogy mily módon történik a mozgásnak hővé való átalakulása, azaz hogy milyen a mozgás és hő között való átmenet, továbbá, hogy milyen a hőnek fizikai konstitucziója, e kérdéseket, mint a dolog hipotézises oldalát, Mayer nem vitatja; de már az első értekezésben is ellene van a hő mozgás-hipotézisének. "A thermikus vibráció-hipotézis, mondja Mayer, hajlik ugyan ahhoz a tételhez, hogy a hő a mozgásnak hatása, de ezt a kauzális viszonyt egész terjedelemben nem méltatja, hanem a fősúlyt kelletlen (unbehaglich) rezgésekre fekteti. "Sőt a Mayer elmélkedéséből inkább az következik, hogy a mozgás csak akkor alakulhat át hővé, ha a mozgás, legyen az akár



egyszerű, akár pedig rezgő (fény, sugárzó hő), mint olyan megszűnik.

Mayer a legtöbb gondot csak arra fordítja, hogy az esés-erő, a mozgás és a hő között való összefüggést világosan föltüntesse. Ha valamely test részecskéit közelebb hozzuk, vagyis a test sűrűségét növeljük, akkor hő fejlődik. A mi a részecskékre és a közöttük levő kicsiny távolságokra áll, Mayer szerint a mérhető távolságokban levő nagy tömegekre is áll. Ha valamely teher a földre esik, a föld térfogata kisebbedik, a keletkező hő e kisebbedéssel összefüggésben van; minden zuhanásnál a hő keletkezése a földtérfogát kisebbedésének rovandó föl. Valamint az esés-erő s a mozgás átalakulhat hővé, épen úgy a hő átalakulhat mozgássá, térfogatnöveléssé és teheremeléssé. Az átalakulások lánczolatát az azóta híressé vált következő hasonlattal világosítja föl: "A lokomotív a hozzája csatolt vonattal lepárló készülékhez hasonlít; a kazán alatt alkalmazott hő átmegy mozgásba s ez ismét a kerekek tengelyén hő alakjában rakódik le. "

A tárgy fontosságától áthatott Mayer mindezeket a fejtegetéseket szükségeseknek tartotta, hogy annál jogosabban föltehesse a kérdést, vajjon mily magasra kell fölemelni bizonyos testet, hogy esés-ereje ugyanakkora súlyú víznek  $0^{\circ}$ -ról  $1^{\circ}$ -ra való melegítésével egyenértékű legyen. Mayer a rövid értekezés zárószavában megadja a következő feleletet:

"A felállított tételeket a gázok térfogat- és hőviszonyaira alkalmazván, azt találjuk; hogy valamely gázt sűrítő kéneseoszlopnak süllyedése egyenlő a sűrítés fejlesztette hőmennyiséggel, miből - a levegő állandó nyomás és állandó térfogatra vonatkozó fajheveinek viszonyát 1.421-nek véve - arra jutunk, hogy valamely súlyrésznek körülbelül 365 cm magasságról való esése ugyanakkora súlyrész víz mérsékletének  $0^{\circ}$ -ról  $1$ -ra való hevítésének felel meg."

Az egyenértéket kifejező szám tette föl a Mayer eszméire a koronát. Eszméi annyira találóak s érvelései oly meggyőzőek, hogy azok he-

lyességében nem lehet kételkedni, de ama szám nélkül az egész elmélkedésnek igazán exakt jellege alig lett volna, s ama szám nélkül "az erők egységéről és megmaradásáról még évszázadokon át lehetett volna vitatkozni, a nélkül, hogy valakit véglegesen meg lehetett volna győzni."

Mayer az első értekezésében nem jelölte ki körülményesen azt az utat, melyen e szám birtokába jutott. Három évvel később a *Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel* című iratában, melyet főmunkájának kell tekintenünk, az egész levezetést közzétette.

Mayer a feladat megfejtése végett kiszámítja azt a hőt, mely megköttetik, midőn valamely gáz nyomás alatt terjed ki; e közben a gázt olyan gépnek tekinti, mely a vele közlött hőnek egy részét a külső nyomás legyőzésére, tehát munkának végrehajtására fordítja. Mayer levezetése rövid, egyszerű és világos; a tárgy alapvető termé-

szetére való tekintetből azt e helyen változatlanul közöljük.

"Legyen  $x$  az a hő, melyet valamely gáz fölvesz, ha állandó térfogat mellett  $t^{\circ}$ -ra hevítjük,  $x+y$  pedig az a hő, melyet a gáz állandó nyomás mellett ugyanakkora mérsékletnövelésre kíván meg; legyen továbbá  $P$  az utóbbi esetben fölemelt súly,  $h$  pedig ennek magassága, akkor  $y = P \times h$ ."

"Egy köbcentiméternyi levegő 0.76 m barométeres nyomásnál 0.0013 grammot nyom; ha a levegőt állandó nyomásnál  $1^{\circ}\text{C}$ -ra hevítjük, térfogatának  $1/274$  részével terjed ki s ennélfogva 1 cm alappal s 76 cm magassággal bíró kénesőszlopot  $1/274$  centiméternyi magasságra emel föl."

"Ez oszlop súlya 1033 gramm. A légköri levegőnek fajheve állandó nyomásnál, a vizét 1-nek véve, Delaroche és Bérard szerint 0.267; ennélfogva az a hőmennyiség, melyet a mi köbcentiméternyi levegőnk fölvesz, hogy állandó

nyomásnál  $0^{\circ}$ -ról  $1^{\circ}$ -ra jusson, egyenlő avval a hővel, mely  $0.0013 \times 0.267$ , vagyis  $0.000347$  gramm vizet egy fokra hevít. Dulong szerint, kit e tekintetben a fizikusok többsége követ, az a hőmennyiség, melyet a levegő állandó térfogatnál vesz föl, úgy viszonylik az állandó nyomásnál fölvetthez, mint  $1:1.421$ -hez; e szerint számítva az a hőmennyiség, mely a mi köbcentiméter levegőnket állandó térfogatnál  $1^{\circ}$ -ra hevíti föl  $= 0.000347/1.421 = 0.000244$ . Következésképen az  $(x+y)-x$  különbség, vagyis  $y = 0.000347 - 0.000244 = 0.000103$  lesz az a hő, mely által a  $P=1033$  grammnyi súly  $h=1/274$  cm magasságra emeltetett. E számok redukciója után azt találjuk, hogy  $1$  foknyi hő  $= 1$  grammnak fölemelése  $367$  m magasságra."

E számítás helyessége a körül fordul meg, hogy ez az  $y$  hőmennyiség tisztán és egészen a  $P$  súly fölemelésére fordíttatik-e. E föltétellel Mayer egészen tisztában volt, mert, mint említettük, Mayer különösen kiemelte, hogy általában figyelemmel kell lenni arra, vajjon az át-

alakulásnál a hő pusztán csak mozgásból, s fordítva is, a mozgás pusztán csak hóból keletkezik; a mi pedig különösen a gázok közvetítette átalakulást illeti, e tekintetben támaszkodott a Gay-Lussac s a Dulong kísérleteire. Gay-Lussac a levegőt ballonból ugyanakkora légüres ballonba hagyta áramlani; a kiegyenlődött gáztömeg mérése végtére éppen akkora volt mint az eredetié, mi világosan mutatja, hogy ha a gáz nyomás legyőzése nélkül terjed ki, hőt nem fogyaszt, vagy legalább a gázmolekulák szétszórására rendkívül csekély erő kell. Dulong pedig megmutatta, hogy a gázok összenyomásánál a nyomásnak megfelelő hő válik szabaddá, miből következik, hogy ha maga a gáz győz le bizonyos nyomást, akkor a nyomásnak megfelelő hőmennyiség fogyasztatik el.

A hő mechanikai egyenértékét kifejező föntebbi szám nem pontos, de magától értetődik, hogy az a körülmény, melynél fogva Mayer első dolgozataiban csak a kevésbbé pontos kísérletekkel meghatározott számértékeket (nevezetesen a De-

laroche és Bérard-ét) használhatta, a dolog érdemén mit sem változtat.

III. Mayer elveinek bővebb kifejtése és alkalmazása a természettudományok különféle ágaira.

Mayer meg lévén győződve elvei helyességéről s a számbeli meghatározás által arra képesítetvén, hogy elmékedéseit exakt alapra fektethesse, azon volt, hogy az új természettörvényt minden irányban kifejtse s a természettudományok különféle ágaira alkalmazza.

Mayer-nek eme tevékenysége által tűnt ki csak igazán az új törvény rendkívüli értéke. A különállóknak látszó egyes tények szoros kapcsolatba léptek, a természetnek valamennyi tüneménye harmóniás egészsze olvadt össze. Bár Mayer az általa megvitatott kérdések mindegyikét nem fejtette meg az utolsó részletekig, annyi mégis kitűnt, hogy számos kérdés, melyek megfejtésének a természettudományokra nézve elsőrendű fontossága van, észszerűen csak az új természet-

törvény szigorú figyelembe vételével fejthető meg.

Mint már említettük, Mayer Die organische Bewegung című iratát 1845-ben tette közzé. Hogy eszméi első értekezésének közzététele óta lefolyt három év alatt nem törtek utat, ez már onnét is kitűnik, hogy az imént nevezett munkájának közzétételét a tudományos folyóiratok megtagadták, minélfogva Mayer azt saját költségén nyomatta ki. Mayer iratának tartalma sokkal többet nyújt, mint a mennyit a címe ígér, mert az iratban az új irány következményeit a természeti erők egész sorozatára kiterjeszté s általában érintve van benne mindazoknak a kérdéseknek lényege, melyeket később tüzetesebben megvitatott. Mayer törekvéseit világosan jelezi a következő szavaival:

"A mit a kémia az anyagra vonatkozólag tesz, ugyanazt kell a fizikának az erőre vonatkozólag tennie. Az erőnek a különféle formáiban való megismerése s metamorfózisai föltételeinek ki-



puhatolása az egyedüli feladata a fizikának, mert valamely erőnek teremtése vagy megsemmisítése az emberi gondolkodás és tevékenység körén kívül fekszik. Hogy a nagyszámú chemiai elemnek egymássá való átalakítása s csekély számú elemre vagy épen valamelyes ősanyagra való visszavezetése valaha sikerülni fog-e, ez több mint kétséges. De ugyanez a mozgás okaira nézve nem áll. A priori bebizonyítható s a tapasztalással mindenütt igazolható, hogy a különféle erők egymássá átalakíthatók. A valóságban csak egyetlen egy erő van. Örök változásban kering az, a holt természetben épen úgy mint az élőben. Az erő formaváltozásai nélkül sem ott, sem itt nincs tünetmény."

Miután Mayer a mozgást mint erőt és az esés-erőt ismételve értelmezi, áttér a harmadik erőnek, a hőnek, s az ezen erő létesítette hatásoknak tüzetesebb ismertetésére. Megmutatja, hogy a gőzgépek kazánja alatt elégetett szén hevének még a legjobb esetben is csak 5-6 perczentje alakul át sikeres munkává, holott az ágyúknál a puskapor

szenének már 9 perczentje idézi elő a mechanikai hatást. Hogy az utóbbi esetben a hő egy része csakugyan mechanikai erővé alakul át, erről tanúskodik az a tapasztalat, mely szerint az éles töltéssel kisütött ágyú kevésbé melegszik meg mint a vakon töltött. Ezután kimutatja, hogy állandó erő, azaz olyan erő, mely hatást gyakorolna a nélkül, hogy fogyatkoznék, nincs. Úgy látszik, hogy a nehézség-erő kivétel, mert mindamellett hogy Newton figyelmeztette a fizikusokat, hogy a nehézség nem fizikai, hanem matematikai ok (Phil. nat. I. def. VIII.), Newton követői mégis a nehézség-erőt vagy a gyorsulás okát egyszersmind a mozgás okának tekintették, tehát a mozgást erőfogyasztás nélkül keletkeztették, vagyis a kisebb magasságokból való mozgást valamely állandó erő hatásának tekintették. Mayer kikel e felfogás ellen, mert ha az erő állandó volna, avval tetszésszerű nagyságú sebességet lehetne előidézni, holott annak a sebességnek, melyet a földre eső valamely test elérhet, maximuma (12,000 m) van, mely maximális sebességből

kiszámíthatjuk, hogy az összes esés-erőnek hányadrésze fogyasztatott el akkor, midőn a test korlátlan távolságból bizonyos távolsáig esett; ha például valamely test korlátlan távolságból a földfelülettől számított 15 lábnyi távolságra esett, az összes esés-erőnek csak  $1/1300000$  része marad hátra, mely csekély rész szintén csak az aránylag csekély 30 lábnyi sebességet idézheti elő. A szabad esés tehát nem kivétel amaz axiómás tétel alól, hogy mozgás csakis erőfogyasztás árán hozható létre.

A fizikai erő negyedik formájának Mayer az elektromosságot tekinti s ezt az erőt az általános törvénynek azonnal alárendeli: a dörzsölésbeli s a megosztásbeli elektromosság csakis valamely mechanikai hatásnak fogyasztásával idézhető elő. Példa gyanánt az elektrofort hozza föl. Föltéve, hogy az elektrofor fedőjének súlyát le-fölmozgása közben valamely teherrel ellensúlyozzuk, a surlódást stb. nem tekintve, a fedőt minden mechanikai hatás kifejtése nélkül le-fölmozgathatjuk, akár elektromos a gyántalepény, akár

nem, de csakis avval a föltétellel, hogy a fedőtől elektromos hatásokat el nem vonunk. Ha a le-  
pény elektromos, akkor a lefelé mozgó fedőt  
vonzza, tehát mechanikai hatást kapunk, minél-  
fogva a fölemelésnél e hatásnak megfelelő erőt  
kell fogyasztanunk. Mivel pedig a kapott hatás  
épen akkora mint a veszített, egészben véve me-  
chanikai hatást még sem kell kifejtenünk. Midőn  
a fedő a lepenyen van, attól bizonyos elektromos  
hatást vonhatunk el, de ez által a vonzás még na-  
gyobb lett, tehát a fedő fölemelésére még na-  
gyobb ellensúly kell, azaz most már kell mecha-  
nikai hatást kifejtenünk. A fölemelt fedőtől újra  
elvonhatunk elektromosságot s mivel ezt a műve-  
letet számtalanszor ismételhetjük a nélkül, hogy  
a lepeny elektromosságából valamit veszítene, de  
másrésről a kapott elektromosságok semmiből  
nem keletkezhettek s a fölemelésnél elfogyasz-  
tott erők sem válhattak semmivé, nyilván való,  
hogy a kapott elektromosságok a fogyasztott me-  
chanikai hatásokból keletkeztek.

A dörzsölésbeli elektromosság is mechanikai hatásból keletkezik, mert az illető testek az érintkezés által elektromosakká lesznek, tehát egymáshoz tapadnak; ha mármost elektromos hatásokat akarunk kapni, a testeket szét kell választanunk, e célra pedig bizonyos erő fogyasztandó el. Valamint az éles töltésű ágyú a vakon töltött-nél kevésbbé melegszik meg, úgy a surlódásnál is kisebb a hőfejlődés akkor, midőn a surlódás elektromosságfejlődéssel jár. A mágnesség tüne-ményei az elektromosságéinak teljesen megfelel-nek.

Az ötödik erő a kémiai különlétele ereje. Mayer ezt az erőt ilyen formán értelmezi: Vala-mint a tömegnek térbeli távollétele, különös eset-ben pedig a földtől való távollétele erő, s vala-mint ez az erő először mozgássá alakulván át, végre hővé alakulhat át, épen úgy bizonyos anya-goknak kémiai egyesülése hőt termel, tehát ez anyagok szétválasztottsága vagy különlétele szintén erő. Ha 1 gramm szén 2.6 gramm oxigén-nel egyesül, ez az egyesülés körülbelül  $\frac{1}{2}$

gramm tömegű bármely testnek a földdel való egyesülésével egyenlő, mert az első esetben 8500, az utóbbiban pedig (midőn  $1/2$  gramm tömeg korlátlan távolságból esik a földre) 7400 hőegység keletkezik.

Hasonló példák után Mayer a földi anyagok köréből áttér a világegyetemre. A Föld 93,700 lábnyi középsebességgel mozog; ha e mozgást szén elégetésével kellene létrehozni, akkor a Föld súlyánál 13-szor akkora súlyú szenet kellene elégetni; az így keletkező hő ismét elegendő volna, hogy a Föld súlyával egyenlő súlyú vizet  $110,000^{\circ}$ -ra hevítsen. Ha ellenben a Földdel egyenlő súlyú tömeg a Nap fölületén feküdnék, akkor, hogy e súly abba a távolságba emeltessék, melyben a Föld jelenleg van, s hogy itt 93,700 lábnyi sebességet kapjon, még 429-szer akkora erő kívántatnék meg, vagyis a Földnél 5557-szer akkora súlyú széntömeg volna elégetendő.

Az a körülmény, hogy egyrészt a kémiai erők ilyen hatások előidézésére elégtelenek, más-

résről pedig, hogy az égitestek mozgásának hővé való átalakulása oly gazdag hőforrást képviselne, a milyent kémiai úton alig lehetne előállítani, megérlelte Mayer-ben a Nap hevéről alkotott meteoros elméletet, melyet három évvel később *Beiträge zur Dynamik des Himmels* című művében tüzetesen kifejtett.

Valamint a kémiai különlétel, úgy bizonyos esetekben a kémiai összetétel is képviselhet erőt, mert némelykor, mint például a chlornitrogénél, a felbomlás hő és mechanikai hatások fejlesztésével jár. Csakhogy az ilyen vegyületek soha sem keletkeznek egyedül, hanem mindig kapcsolatban oly kémiai folyamatokkal, melyek hőt fejlesztenek s e hő egy része átmegy az explodáló vegyületbe. Mayer ezt az esetet is egy elemes analógiával világosítja föl: valamint a fölemelt teher erő, épen úgy lehet a Föld színén fekvő teher is erő, ha bizonyos mechanikai hatás felhasználásával egy erős rúgót szorít össze, mely rúgó az ellenállás eltávolítása után a testet ismét fölvetetheti. Csakhogy a vegyületnél a rúgót s az

ellenállást nem ismerjük, mert a szabaddá váló chlórnak és nitrogénnek rugalmassága a rúgó feszültségéhez nem hasonlítható, a mennyiben ez a rugalmasság a felbomlásnál keletkező erőnek nem oka, hanem eredménye.

Mayer a chemiai erőt szoros kapcsolatba hozza az elektromos árammal. Az érintkező fémek elektromosakká válnak s az elektromosságok szétválasztására mechanikai erő kell. Az elektromos oszlopban a mechanikai erőt a chemiai erő helyettesíti s az oszlop hatásai a chemiai külön-létel árán jönnek létre. "Az emeltyű segítségével, mondja Mayer, egy adott esés-erőt átváltoztathatunk egy másik esés-erővé; feláldozunk bizonyos térbeli távolságot, hogy egy másik ilyen távolságot kapjunk. A chemikusnak bámulatra méltó emeltyűje a galván-telep; a hő és a mechanikai hatások fejlesztése, a redukció tünetényei, melyeket a galván-telep hatásaiként látunk föllépni, eredetüket bizonyos erőfogyasztásnak, a fém és az oxigén, a sav és a só között való távolság elfogyasztásának köszönhetik." Látni való, hogy a



telep fizikai elmélete csak a Mayer elvei által válhatott észszerűvé; ezek által a kémiai és az érintkezési elmélet között való versengés az utóbbinak javára véglegesen eldőlt.

Az eddigiekben ismertetett taglalások után Mayer elmélkedései foglalatjaként felállítja az erők schémáját, mely az ismertetett öt erőt, úgy mint az esés-erőt, a mozgást, a hőt, a mágnességet és elektromosságot, végre a kémiai különlétezt foglalja magában. Mayer az ismeretes erők mindegyikét ez öt erő csoportjába osztja be. A mozgást ismét két csoportra, az egyszerű s a rezgő mozgások csoportjára osztja; a hőt, a mágnességet s az elektromosságot (az árammal együtt) az úgynevezett imponderábiliák közé számítja s ezen kívül az áramló elektromosságot s a kémiai különlétezt (az együttlétellel) általában kémiai erőnek nevezi.

A további feladat mármost abban áll, hogy az öt erőnek lehető huszonöt átalakulása kísérletek által bebizonyíttassék.

Mayer előterjeszti a huszonöt esetnek megfelelő legfontosabb átalakulásokat, de ezek közé a közvetett átalakulásokat is beszámítja.

A Mayer-féle erőket jelenleg más, de a Mayer-étől csak alakilag különböző rendszer szerint szokták felosztani. Már a Mayer rendszerében is a mechanikai elv az irányadó, s a későbbi fizikusok a mechanikai elvet még inkább előtérbe tolták. A Mayer-féle erőket jelenleg a Thomas Young által csak az eleven erőre alkalmazott erély (energia) szóval szokták jelölni, s az erélyfajok száma már nem ötre, hanem nyolczra tétetik. De ez a nagyobb szám korántsem jelenti az erőfajok szaporodását, mert már Mayer-nél is megvolt valamennyi erőfaj, csak hogy az osztályozásban külön szerep nem mindegyiknek jutott. Így például a hő átalakulását mechanikai hatássá a gőzgépben az átalakulás egyik esetéül tünteti föl, a nélkül, hogy külön tekintettel volna arra, hogy a hő egy része, a víz párologtatására fordított hő (rejtett hő) a vízmolekulák különlételének erejévé (a molekulák helyzeti erélyévé) fordíttatik. A me-

chanikai felfogás a jelenleg divatozó fölosztásban abban kulminál, hogy az erélyek általában helyzeti erélyre (a Mayer-féle esés-erő általánosítása) s mozgás-erélyre osztatnak föl. Mindazonáltal az új fölosztás, mely különösen a hő mozgás-hipothézisét akarja megszilárdítani, a dolog lényegét tekintve, a Mayer-énál többet nem mond. A látható és láthatatlan erélyekre való fölosztásnak pedig éppen a mechanikai szempont miatt jelentősége nincs.

Úgy hiszszük, hogy alig kell külön kiemelnünk, hogy Mayer a hő és az elektromosság anyagiasságát határozottan elvetette. "Nagyon is érezzük, mondja Mayer, hogy meggyökerezett s nagy auktoritások által kanonizált hipothézisekkel keltünk harczra; hogy az imponderabiliákkal Görögország isteneinek utolsó maradványait vetettük ki a fizikából; de tudjuk azt is, hogy a természet a maga egyszerű igazságában nagyobb és pompásabb, mint az emberi kéznek bármely alkotása vagy a teremtetett szellemnek minden illuziója."

Mayer-nek második irata eddig tisztán a fizika körében mozog; mindazt, a mit az irat nyomán eddigelé előterjesztettünk, annak czíme nem ígérte. A dolgozatnak második, s az előbbeninél jóval terjedelmesebb részében Mayer az alapelvét - *ex nihilo nil fit, nil fit ad nihilum* - a szerves világra terjeszti ki; alapul felhasználja mindazt, mit a szervetlen természet erőire vonatkozólag az első részben megállapított.

A Mayer fejtegetései a fizikai erők kiapadhatatlan forrásának, a Napnak tevékenységéből indulnak ki. A Nap a földi tevékenységek fentartója; a Nap melege nélkül a Föld a világűrbe kisu-gárzott melegét nem pótolhatná s teljesen kihűlő holt tömeggé merevednék meg; a Nap melege emeli föl a vizeket s ez által előidézi a víz áramlásait; a szél- s a vízi malmok kerekeinek surlódása által előidézett hő abból a rezgő mozgásból ered, melyet a Nap a Földre küld.

A természet a Földet olyan szervezetekkel látta el, melyek a Nap fényét magukhoz ragadják s ezt

a természeti erőt más erőnek alakjában egy reser-  
voirban felhalmozzák. E szervezetek a növények.

A fák levelei a levegő szénsavát elnyelik és a  
Nap fénye segítségével a szénsavat alkotórészei-  
re bontván, az egyik alkotórészt, a szenet, vissza-  
tartják. A fák (valamint a többi növény) az anya-  
got nem teremtik, hanem csak átalakítják.

Másrészről az elfogyasztott napfénynek csak  
erőformája változott meg, a napfényből a szén és  
az oxigén kémiai különlétele keletkezett. A nö-  
vény az elégetésénél ugyanazt a világosságot és  
hőt, mely a szénsav redukciójára fordítottatott, hi-  
ány nélkül visszaadja; a Föld belsejében levő  
szén a Nap erejét évezredek óta híven megőrizte.  
Mivel pedig a tapasztalás azt mutatja, hogy fény  
nélkül nincs növényi élet, a növények útján elő-  
állított kémiai különlétele nem lehet valamely  
más erőnek, például a hőnek vagy elektromos-  
ságnak eredménye, de semmi esetre sem kelet-  
keztetett valamely speciális életerőből. Mayer  
erélyesen kikel az akkoriban divatos hipothézi-

sek ellen, melyeket az úgynevezett vitálisták hoztak forgalomba s a melyek szerint az állatok s a növények összes életműködése bizonyos életerők eredménye. "Az életerő ilyen hipotézis akciójának föl vételével minden további kutatásnak eleje vétetik s az exakt tudományok törvényeinek az életjelenségek tanára való alkalmazása lehetetlenné válik; e hipotézis hívei a zabolátlan képzeletjátékok zűrzavarába vezetnek vissza.... Az életfolyamat alatt mind az anyagnak, mind pedig az erőnek csak átalakulása történik, de az egyiknek vagy másiknak teremtése soha."

A növényekben felhalmozott fizikai erőnek egy része átmegy a velük táplálkozó állatokba. Az élő állat, mely táplálékát vagy közvetlenül vagy közvetve, de mindig a növény-országból veszi, elégethető anyagokat vesz magába, hogy ezeket a levegő oxigénjével újra egyesítse, mely folyamattal párhuzamosan halad egy az állati életet jellemző másik folyamat, úgy mint mechanikai hatások és mozgások létesítése, terhek emelése

se stb.; holott e másik folyamatnak a növények életében csak egészen alárendelt szerepe van.

Mayer arra törekszik, hogy ezt az általános elvet lehetőleg pontos számításokkal tüzetesen megalapítsa. De mivel az állatok táplálkozása által kifejtett hőre vonatkozó elegendő kísérleti adatokkal nem rendelkezett, fejtegetései alapjául a tiszta szén elégetését vette föl.

Dulong szerint 1 gramm szén elégetésével 8558 hőegységet kapunk. E hővel 3,600,000 grammnyi súly 1 m magasságra emelhető. Föltéve mármost, hogy egy ló 1 percz alatt 4400 kilogrammot 1 m magasságra emel, akkor a ló e hatás létesítésére 1 percz alatt 1.2 gr., 1 óra alatt 72 gr. s egy nap alatt (egy napra 8 munkaórát számítva) 580 gr. szenet használ föl; az 1/7 lóerejű munkás egy napi munkája 83 gr. szén elégetésének felel meg. Egy tekésző, ha egy 4 kgr. súlyú golyót 10 m sebességgel elhajít, erre a munkára 6 milligramm szenet fordít. Egy ember, ki 72 kgr. súlyú testét 5 m magasságra emeli, e célra 0.1

gr. szénét fogyaszt, s ha egy 3000 m magas hegyre mászik föl, akkor e munkája - nem számítva a minden egyes lépésnél a rugalmatlan ütközés miatt elveszített mechanikai hatást - 60 gr. szénét igényel.

De az állatok az elfogyasztott tüzelőszert nemcsak mechanikai célokra használják föl, mert a mechanikai hatásokhoz járul még az állati testben fejlesztett hő. A táplálószernek kémiai ereje tehát két erőnek forrása: a hőnek és a mozgásnak. E két erő összege egyenlő a táplálószernek kémiai erejével; ha az állat kifejtette munkát összegyűjtjük s ezt súrlódás útján vagy más módon hővé változtatjuk, s e hőhöz a test által közvetlenül fejlesztett hőt adjuk, pontosan megkapjuk a tisztán kémiai folyamatnak megfelelő hőt. Mayer kimutatja, hogy Dulong és Despretznek az állati hőre vonatkozó vizsgálatait e következtetést, teljesen megerősítik; továbbá, támaszkodva Boussingault-nak a pihenő s a dolgozó lóra s Liebig-nak a pihenő s a dolgozó emberre vonatkozó kísérleti meghatározásaira, kimutat-



ja, hogy a dolgozó állat fogyasztotta tápláló-szernek többlete valóban megfelel a mozgások létrehozásához megkívántató erőnek, bár ilyenkor a többlet nem fordíttatik csakis a kifejtett munkának fedezésére, hanem a fokozott hőfejlesztésre is.

Mayer iratának többi része közvetetlenül a fíziológiára vonatkozik. Mayer az élet tünetényeit kapcsolatba hozza a fizikai okokkal s az exakt tudományok terén kapott eredményeket a fíziológiai tételek megállapítására használja föl. Következtetései közül mind a tárgy újságára, mind pedig fontosságára nézve első helyen áll az a tétel, hogy "az izom csak az erők átváltoztatására szolgáló eszköz, de nem a hatások létrehozására elfogyasztott anyag." Ha az az ember, ki mechanikai hatások létrehozására naponként 82 gramm szennet fogyaszt és a kinek száraz és elégethető izomanyaga csak 75 kilogrammra rúg, ha ez az ember a hatások létrehozására izmait fogyasztaná, akkor 13 hét múlva izomanyaga teljesen elfogyna. A dedukció még föltünőbb a szív mun-

kájánál. Az emberi szív napi munkája 49,200 mkgr. = 115,800 hőegység, a mi megfelel 13.5 gr. szén elégetésének. Mivel pedig a szívnek száraz alkotórészei csak 115 grammot nyomnak, a szív, ha a munkájához megkívántató szén maga szolgáltatná, 9 nap alatt teljesen elfogyna; ha pedig csak a két ventrikulus súlyát hozzuk számításba, akkor ez izomtömegek már 4 nap alatt teljesen elpusztulnának. Mivel pedig az izmoknak e gyors fogyasztásnak megfelelő gyors helyrepótlása a fiziológia tényeivel merőben ellenkezik, nyilván való, hogy a hatások előidézésére szolgáló tüzelőszernak túlnyomó része nem az izomtömegekből ered.

Az a kérdés merül föl tehát, hogy az állati testnek melyik része az, mely a táplálószernek erejét az állati mozgás erejévé közvetíti? Alapos és beható vizsgálatok után Mayer arra az eredményre jut, hogy a testnek ez a része a vér; a hatásképesség nem az izom tömegével, hanem az átkeringő vér tömegével arányos. A vér oxidáció-folyamatának tűzhelye a véredényrendszer ürege, "de

a vér, ez a lassan égő folyadék, az élet lángjának olaja".

A fiziológiának legfontosabb kérdése, az idegek működésével előidézett hatások, észszerűen a Mayer dolgozatában világosítottak meg először. Az idegek működésével oly hatások idézhetőek elő, melyek maguknak az idegeknek munkájával semmi arányban sem állanak. "Az idegrostok, mondja Mayer, s vér metamorfózisára hatalmas befolyással vannak, oly befolyással, mely az oxidáció erélyét növeli. Mindenki tudja, hogy számos esetben a chemiai akcziót bizonyos anyagok pusztá jelenléte tételezi föl a nélkül, hogy a végbemenő változásokban részt vennének. Ha valamely konstatált ténynek okvetetlenül nevet akarunk adni, akkor azt a szerepet, melyet az ilyes folyamatoknál s változatlanul maradó anyag játszik, érintkező befolyásnak nevezhetnők." Az idegek befolyása Mayer szerint nem lehet valamely specziális erő, mert az erő csupán "valamely mérhető hatással arányos ok;" az idegek olyan formán működnek, mint a szélroham,

vagy a madár szárnycsapása, mely a lavina gördülését megindítja s ez által rendkívüli hatásokat szül.

Mayer itt elérkezett az általa felállított természettörvény következményeinek szélső határához; úgy látszik, mintha merész kézzel ő maga akarná szétörni a korlátokat, melyek közé a saját törvénye az exakt gondolkodást szorítja. Mennyit tehetett volna itt Mayer, ha eszméit nem értelmetlen talajba veti, ha szellemi tevékenységét üldözések nem bénítják! E tárgyra élete utolsó éveiben *Die Torricellische Leere und über Auslösung* 1876. című iratában még egyszer visszatért s eszméit még bővebben ki akarta fejteni, de már csak kiinduló pontokat jelölhetett meg.

Nem lehet czélunk, hogy a Mayer fiziológiai fejtegetéseinek elemzésébe tovább bocsátkozunk. Az eddigiekből is meg lehet ítélni, hogy *Die organische Bewegung* műve mily roppant nagy haladást jelez a természettudományok történetében. De Mayer eszméinek gazdagsága mind-

ezekkel még nem volt kimerítve. A földi élet körén fölülelemelkedve, az új törvényt az ég dinamikájára is alkalmazta.

#### IV. Az ég dinamikája.

Mayer 1848-ban, tehát már hat évvel legelső értekezésének megjelenése után, fejezte be *Beiträge zur Dynamik des Himmels, in populärer Darstellung* című iratát, melynek, mint valamennyi többi műveinek alapgondolatát, az előbbeni fejezetben ismertettük művében már kifejtette volt.

W. Herschel a Nap kiapadhatatlan hevét "nagy titok"-nak nevezte. S valóban, a Mayer idejéig csakugyan az is volt, mert a hőanyag hipotézisével vagy a rezgés-hipotézissel mit sem lehetett végezni. Minthogy e kérdésnél a hő forrásáról van szó, könnyen érthető, hogy a dolog Mayer figyelmét nagy mértékben vonta magára. Mayer vizsgálatai által a nagy titoknak nevezett dolog nagyságából mit sem veszített ugyan, sőt

inkább nyert, de titokszerűségét, ha nem is egészen, de legnagyobb részben elveszítette.

Már mondtuk, hogy Mayer a Föld haladó mozgásának, valamint egy, korlátlan távolságból a Földre hulló tömeg mozgásának hőbeli egyenértékét kiszámította. Az egyenértéket kifejező számok rendkívüli nagysága feltárta előtte annak lehetőségét, hogy a Nap kisugárzott ereje a fölülétére hulló meteoroknak hővé átalakuló mozgásával pótol tassék. Ez az alapeszméje a napmelegség meteoros elméletének. Elmélkedései két dologra támaszkodnak: az egyik a hő mechanikai egyenértéke, a másik pedig az égítetekre korlátlan távolságból eső tömegnek végsebessége, melyet úgy tekinthetünk mint az illető égítést gravitációjának összes hatását, tehát mint az illető égítést mechanikailag jellemző állandót.

Mayer jól tudta, hogy elmélkedéseinek csak akkor lehet igazi értékük, ha azokat biztos számításokkal exakt alapra fekteti. Ennélfogva először is meg kellett határoznia a Nap által kisugárzott

összes hőmennyiséget. Támaszkodva Pouillet-nek a pirheliométerrel végrehajtott vizsgálataira, melyek szerint a Föld a Naptól 1 percz alatt átlagosan 2247 billió hőegységet kap, kiszámítja, hogy a fölülete annak az üres gömbnek, melynek sugara akkora mint a Földnek a Naptól való középtávolsága, a Naptól perczenként 12,650 millió nagykalóriát kap.

A kisugárzás eme rendkívüli nagysága mellett a Napnak gyorsan ki kellene hűlni, ha a kisugárzás valamelyes úton-módon nem pótoltatnék. A Nap fajhevét a vízével egyenlőnek téve, Mayer kiszámítja, hogy az 5000 évi történelmi idő alatt is a Nap 9000 fokkal hűlt volna le, nem is tekintve azt, hogy a Nap felületén legelőször lehűlő tömegek a Napot hidegebb réteggel öveznék körül, mely réteg a további kisugárzásra gátlólag hatna.

Mayer szerint s Nap hővesztesége kémiai erőkkal nem pótolható; mert ha például s Nap egész tömege kőszén volna, akkor e széntömeg égése - ha a megkívántató oxigén-mennyiség is

csakugyan jelen volna - a kisugárzott hőt csak 4600 éven át pótolhatná. Épen ilyen tarthatatlan az a hipotézis, mely szerint a sugárzás oka a Napnak tengelykörüli forgása volna. A Napnak forgás-sebessége sokkal kisebb, sem hogy a megkívántató föltételeknek eleget tehetne. A Jupiter egyenlítője hatszor, a külső Saturnus-gyűrű pedig tízszer oly sebesen forog mint a Nap egyenlítője, s még sem észlelhetünk sem a Jupiteren, sem a Saturnuson keletkező hő- vagy fénytüneményeket. Még tarthatatlanabb az a hipotézis, mely szerint a Nap hevét surlódás idézi elő, mert - nem tekintve egyebet - a surlódáshoz legalább két test kell.

Ezeket előrebocsátva, Mayer hozzáfog a saját elméletének előterjesztéséhez. Egyrésről az üstökös-nemű tömegek és az aszteroidák nagy számából, továbbá az állatövi fény-anyag jelenlétéből, másrésről pedig valamely ellenálló éternek létezéséből szükségképen következik, hogy a Nap fölületére folytonosan súlyos anyagok érkeznek. A hatás, melyet e tömegek ott kifejtenek,



a végsebességüktől függ. A végsebesség legnagyobb, ha a tömeg korlátlan távolságból esik a Napra; a végsebesség maximuma 630,400 méter. A végsebesség minimuma akkor áll elő, ha a plánetanemű test közvetetlenül a Nap közelében keringve esik a Napra; ez a sebesség 445,750 méterre rúg. Ezek szerint a Napra zuhanó aszteroidának ütközése által kifejtett hő 24 millió és 48 millió hőegység között változhatik, s ez a hőmennyiség megfelel egy az aszteroida tömegénél 4000-8000-szer akkora tömegű kőszén elégetésének. E rendkívüli hőmennyiségek keletkezése által a Nap melegének problémája meg van fejtve; s zuhanásnál még netalán föllépő kémiai hatások az eredményt számbavehetőleg nem növelhetik.

Az elmélet kiegészítéseül Mayer-nek még azt kellett kiszámítania, hogy a Nap hevének ilyen pótlására mennyi tömegnek kell perczenként a Napra esnie. Számításai szerint e tömegek 100,000-200,000 billió kilogrammra rúgnak, mi

által a napfelület minden egyes négyszögmétere perczenként 17-34 grammal gyarapodik.

Mármost az a kérdés, hogy miféle változásoknak kell beállaniok a naprendszerben a Nap tömegének emez állandó gyarapodása miatt? Mayer a biztos kézzel felállított elméletének következményeitől nem retten vissza; megmutatja, hogy s Nap látszólagos átmérőjének 1 ívmásodpercczel való növelésére a tömegeknek 28,500-57,000 év alatt kellene s Napra esniök, tehát s térfogatváltozás észlelő képességünk körén kívül esik. Másképp áll a dolog a Nap súlyának gyarapodásával; mivel s bolygók keringés-idei állandó középtávolság mellett a Nap tömegének négyzetgyökével arányosak, következik, hogy a Föld keringés-idejének évenként  $7/8 - 1/2$  másodpercczel fogatkoznia kellene. De mivel az asztronómiai észleletek efféle fogatkozásokat nem mutatnak föl, Mayer abban a nézetben van, hogy a Nap által rezgő mozgások alakjában kiadott erő karöltve jár a rezgő anyagrészeknek tovatolásával; Mayer szerint a fény és a sugárzó hő hullám-

elmélete csak úgy magában foglalja a Nap tömegének sugárzás okozta kisebbedését, mint az emisszióelmélet; "a Nap sugárzása egy cenzripetalis mozgással egyenértékű centrífugális akció". Végre még fölemlítjük, hogy Mayer elméletének, ha nem is bizonyító erejű támogatására, de legalább is valószínűbbé tételére a napfoltokat is a meteoros tömegek hullásával hozza kapcsolatba.

A meteoros elméletnek az a következménye, hogy a Föld keringés-idejének fogynakoznia kell, az elméletnek gyenge oldala, melyet Mayer sem támogathatott kellőképen. De van ennél még nagyobb baj is, mert itt még az a fontos kérdés merül föl, vajjon lehet-e tapasztalati úton igazolni, hogy a Nap felületére valóban annyi meteor esik, mint s mennyit a Mayer elmélete megkíván. S ekkor ismét oly fogynakozás előtt állunk, a melyről Mayer, bár azt jól ismerte, számot nem adhattott. Mert ha a Föld fölületéről észlelhető meteorok számából a Napra hullókat még az elméletre nézve legkedvezőbb konjekturákkal határoznók

is meg, korántsem jön ki annyi hevítő anyag, mint a mennyit a meteoros elmélet megkíván. Mindazonáltal az egész elméletnek megvan az a kiváló érdeme, hogy biztos és alapos számításokon nyugszik, a minek az ilyen kényes feladatoknál döntő fontossága van. Minthogy a Mayer elmélete ellen tett kifogások nagy része épen abban szenved hiányt, a miben a Mayer elmélete bővelkedik, t. i. a biztos számításokban: elvégre, ha Mayer elmélete a kényes feladatot nem oldotta is meg, a megoldásnak mi módon való lehetőségét világosan megmutatta s kétségtelenül bebizonyította. Az elméletet találóan jellemzik Tyndall eme szavai: "A meteoros elméletnek, legyen ez igaz vagy sem, annyi becsé mindig lesz, hogy bebizonyította, hogy a Nap és a csillagok fényét hideg bolygónemű anyag lezuhanása is létrehozhatja és fentarthatja."

Mayer bebizonyította, hogy a Nap sugárzása végső oka a Föld fölületén levő minden erőnyilvánulásnak s egyszersmind számot adott a sugárzó erő fentartásáról. Mindazonáltal vannak a

Naptól független erőhatások is. Ezek pedig az ár és apály meg a Föld belső melege által előidézett hatások, melyek elemzésével Mayer szintén asztrológiai iratában foglalkozik.

Az ár és apály csökkenti a Föld forgás-sebeségét. Ez az a tétel, melyet Mayer szintén az ég dinamikájára vonatkozó vizsgálatainak egyik fontos eredményeül kapott. A tételt oly röviden és egyszerűen bizonyítja be, hogy bizonyítását itt változtatlanul közölhetjük.

"A Hold és a Nap vonzásának befolyása által a Föld fölületén levő mozgékony részek egyensúlya oly formán zavartatik meg, hogy a tenger vízei a felé a pont vagy déllő felé törekszenek, mely fölött vagy alatt a Hold kulminál. Ha a vízrészeknek tökéletes és ellenállás nélkül való mozgékonyosságuk volna, akkor a felső s az alsó hullámhegy csúcsai pontosan beleesnének abba a déllőbe, melyben a Hold áll, s ily körülmények között eleven erő nem fogyasztatnék. De mivel valóságban a vízrészek mozgásukban ellenállásra

találnak, ez által az ár késedelme idéztetik elő, elannyira, hogy az ár a nyílt tengeren a Hold kulminációja után átlagosan 2 1/2 órával következik be."

"Mivel a vizek keletről és nyugatról a Hold alatt levő déllőbe törekszenek, de a vízállás az említettük okból keleten mindig nagyobb mint nyugaton, következik, hogy a tengervíz keletről nyugat felé erősebben szorúl s erősebben áramlik, mint nyugatról kelet felé. Tehát az ár és apály a vízrészeknek nemcsak váltakozó emelkedéséből és süllyedéséből, hanem még keletről nyugat felé - bár lassú - haladásából áll."

"Mivel ez áramlásnak iránya a Föld forgásának irányával épen ellenkező, a tenger vize a mindeütt föllépő surlódás és a szilárd partokhoz való ütközés miatt a Föld forgó mozgása ellen állandó ellenállást gyakorol s ez által e mozgásnak eleven erejét csökkenti."

Az ár hajtotta vizikerek a folyamok vize által hajtottaktól a Mayer megjegyzése szerint ab-

ban különböznek, hogy eleven erejüket, melylyel dolgoznak, emezek a Nap sugárzó hatásának, amazok pedig a Föld forgó hatásának köszönhetik.

Mayer az ár és apály hatásait még statikai törvényekkel is levezeti. Azonkívül figyelembe veszi a Napnak, valamint a légkör s a tenger áramainak állandó hatásait. Az utóbbiak egyidejűleg működvén, egymást lerontják, tehát a Föld forgássebességére, legalább figyelembe vehető hatást nem gyakorolnak; azonban Mayer, a Laplace ide vonatkozó számításaira támaszkodva, megmutatja, hogy a légköri ár és apály, kisebb mértékben ugyan, de épen abban az irányban hat, mint a tenger vize, tehát a Föld forgásának lassítását elősegíti.

Mayer hozzávetőleges adatok alapján kiszámította, hogy a lassulás miatt 2500 év múlva a Föld forgás-ideje, vagy a nap tartama  $1/16$  mpercczel nagyobb lesz. Azonban ezt a növekedést kiegyenlíti egy szintén nem a Naptól eredő másik

erő: a Föld összehúzódása. Mayer, mint ezt már Laplace biográfiájában említettük, elfogadja a Föld kihülés-elméletét, melynek következtében a Föld forgásának gyorsulnia kell, minél fogva a napok tartama rövidül, bár a fogyatkozások csak jelentéktelenek lehetnek. E szerint a Föld belső melege, a mellett hogy számos egyéb erőhatás forrása, az ár és apály szülte hatásokkal bizonyos tekintetben ellentétes viszonyban van.

Mayer-nek a Föld belső melegére vonatkozó fejtegetéseivel kapcsolatban van egy előadása, melyet jóval később (1870) Ueber Erdbeben cím alatt tartott. Ez előadásában a Föld belső melegének hatásaival az újabb észleletek eredményeinek alapján foglalkozik.

Az eddigiekben előterjesztettük lényegét amaz iratoknak, melyekben Mayer mind a fizikában, mind pedig a fizikával összefüggő tudományokban, tehát az egész világnézetünkben is egészen új irányt jelölt ki. Mayer szerint tulajdonképen csak egy erő van. Ha figyelembe vesszük, hogy



a földi hatások túlnyomó része a Nap hevétől ered, s ez a hő a Mayer eszméi szerint az általános vonzalom eredménye; továbbá, hogy a Naptól független hatások szintén a gravitáció eredményei, mert Mayer a Föld belső melegét is a Földet alkotó tömegrészek egykori összeverődésének vagy összeszorulásának tulajdonítja; végre, ha még figyelembe vesszük Laplace-nak amaz eszméjét, mely szerint az égitestek mozgása csupán a gravitáció eredménye lehet: akkor a természet összes jelenségeit előidéző erőt - legalább a közvetetlen látszat szerint - a gravitációban fölleltük. Ennél nagyobb és általánosabb lépést a fizikai-mechanikai világnézet eddig még nem tett. Az olvasó megítélheti, hogy milyen rangot foglal el Mayer a természettudományok művelőinek sorában. Ha visszagondolunk arra, hogy Mayer az előterjesztettük nagy eredményeket hat év lefolyása alatt s aránylag igen csekély tudományos segédeszközökkel hozta létre, lehetetlen, hogy megtagadjuk eme kiváló bűvár éles elméje és szellemének gazdagsága, valamint a

tudományok érdekében kifejtett áldásos működése iránt való legnagyobb elismerésünket.

Mayer az eddig nem említett többi iratában lényegileg új eszméket nem hirdet s csak arra törekszik, hogy elveinek következményeit minden lehető irányban a legszélsőbb határokig űzze; de eme törekvésében is épen annyi elmésséget, mint eredetiséget árul el. A mennyiben ez iratok a még ezután előterjesztendőkre vonatkoznak, még vissza fogunk térni rájuk.

#### V. Mayer elvének történelmi előzményei.

Mayer-nek a mechanikai hőelmélethez való viszonyát a megelőző biográfiákban több ízben akként tüntettük föl, hogy őt illeti ez új tudomány-szak megalapításának érdeme. Ugyancsak több ízben utaltunk arra is, hogy a régibb bűvárok, kik a mai hőelmélet alapgondolataihoz többé-kevésbé közeledtek, mindannyian távol maradtak a valóban alapvető igazságtól, a hő és a mechanikai erők, vagy általában az erők egymás közötti állandó értékviszonyának alapgondolatától.

Az egyes bűvároknak sikerült ugyan a természeti erők között okozatos összefüggést találniok, sőt ezt a tünetények egész csoportjaira kiterjeszteniök, hiszen a kísérlet és a tapasztalás ez összefüggést félre nem ismerhetővé, sőt mintegy kézfoghatóvá tette; de egy nagy hézag, az összefüggésnek számbeli egyenértékekre való visszavezetése, Robert Mayer koráig kitöltetlen maradt.

Mayer, a mint láttuk, a követelményeknek minden irányban teljesen megfelelt. Először is a lehető legáltalánosabban megmutatta a természeti erők közötti okozatos összefüggést s kifejezte az erők qualitatív változékonyságának s quantitatív állandóságának törvényét; e mellett a fizikai erő fogalmát úgy formulázta, a miként ezt az új törvény elvi jelentőssége megkívánta. Másodszor pedig az egyenértékűséget kifejező szám feltalálásával a törvényt reális alapra fektette.

Mint minden új elméletnek vagy általában bármely új tárgynak történelmi megvitatásánál, úgy

a szóban forgó kérdésnél is mindenek előtt avval kell tisztába jönnünk, hogy mit tekintünk az új dolog lényegének. Ha a mechanikai hőelmélet alapgondolatául azt fogadjuk el, hogy a hő a mozgásnak egyik neme, akkor nagyon messzire mehetünk vissza; akkor Baco, Boyle, Bernoulli Dániel, Rumford, Davy - hogy a sok közül csak ezeket említsük - mindmegannyian az új irány közvetlen előkészítőinek tekinthetők. De nem ez a dolog lényege.

A mechanikai hőelmélet alapgondolata a hő és a mechanikai erők között fönnálló egyenértékűség; a hő az erőnek bizonyos neme, hogy aztán miként képzeljük ezen erőnek formáját, ez a mechanikai hőelméletre nézve, legalább bizonyos messzefekvő határig, közönyös marad. Így fogva föl a dolgot, az alapítás érdemére csak az tarthat igényt, ki tekintet nélkül a hő formai mibenlétére, amaz alapgondolatot biztos kézzel kifejtette.

Mayer irataiból kiderül, hogy őt Rumford, Davy stb. eszméi nem vezérelték. Mayer e fizi-

kusokat - bár nem tehető föl, hogy dolgozataikat nem ismerte - az új irány előkészítőiként sehol sem említi. De nem is említhette. Ő csak annyiban haladt velük egy úton, a mennyiben ő is tagadta a hő anyagiságát, a mi különben nagyon természetes, mert midőn kimondotta, hogy a hő erő, okvetetlenül tagadnia kellett, hogy a hő még más valami is, például anyag, lehessen.

Mayer-t, a mint láttuk, az első spekulációban egy fiziológiai észlelet vezérelte. Mégis, föltétele annak a lehetőségnek, hogy Mayer minden előzmény feltalálása nélkül dolgozott, nem tekintve a történelmi folytonosság törvényeinek megsértését - már magában véve fonákság volna. Különben is a fiziológiai észlelet csak az első indító ok volt. Mayer, mint ez első gondolatainak fejlődésére vonatkozó saját előadásából is világosan kiderül, rögtön a mechanikai-fizikai álláspontra helyezkedett. Mayer az eleven erő megmaradásának elvére támaszkodott. Ez az elv, melynek eredete a fizika megalapításának korára vezethető vissza, s a melyet Huyghens formulá-

zott, világosan mutatja, hogy ha bizonyos esetekben a mozgás megszűnik, mégis marad valami hátra, a mi a mozgással egyenértékű. Ez a fönmaradó valami, a helyzeti erély, vagy Mayer szerint az esés-erő; ez az, ami a Mayer elmékedéseiben kiváló szerepet játszik. Annak lehetőségét, hogy a látható tömegek eleven ereje a helyzet képviselte más erővé változhatik át, átvitte a mechanikai térről a fizikaira s az esés-erőnek egy új nemét, a chemiai különlétel erejét állapította meg. Így az eleven erő megmaradásának (mechanikai) elve előkészíté az erő megmaradásának sokkal általánosabb (fizikai) elvét.

Különben nem lehet félreismernünk, hogy az erőmennyiség állandóságáról alkotott nézetek az újabb időkben mindinkább konkrét alakot öltöttek. A testek ütközésénél, kivéve a tökéletesen rugalmasoknak képzelt testek ütközését, az eleven erők, mint ilyenek, részben elvesznek. Valóban, Lagrange inkább azt az esetet tekintette kivételesnek, midőn tökéletesen rugalmas testek ütközése alkalmával az eleven erők összege ál-

landó marad. Carnot arra törekedett, hogy meghatározza az ütközés okozta eleven erő veszteségét s hogy ez által kimutassa az ütközés előtti s az ütközés utáni mozgás-viszonyok összefüggését. Eredményül a következőképen kifejezhető tételt kapta: Az eleven erőbeli veszteség egyenlő a veszített sebességeknek megfelelő eleven erők összegével. Ez a tétel, mely az eleven erők elvét mintegy kiegészíti, arra utal, hogy a természeti erők egymáshoz való viszonya ezentúl behatóbban vizsgálándó meg. Mivé lesz az elveszített eleven erő? Ez az a kérdés, mely a Carnot tétele után előtérbe lép. Mivel a tétel a veszteség nagyságát szabatosan meghatározza, Carnot-nak még csak az erők fizikai átalakulását kellett volna figyelembe vennie s a feladat, legalább elvben, meg lett volna fejtve. Azonban Carnot csak a tisztán mechanikai állásponton maradt; képzeleteit híven előtüntetik Arago-nak következő szavai: "Nem kell hinnünk, hogy valamely erőt, vagy ennek bizonyos részét a szó szoros értelmében meg lehetne semmisíteni; mindaz, mit sem a

gép szülte hatásban, sem pedig a gépnek működése után még megtartott képességében föl nem találunk, a gépnek megrázkódását és megrontását idézte elő."

Már Leibniz mondotta, hogy az, a mi az ütköző testek összes erejéből elvész és részecskék által elnyeletik, a világegyetemre nézve korántsem vészett el; e tételt az eleven erők elvének logikai következményeként állította föl, de nézete már csak azért sem nyomhat sokat a latban, mivel az erőket metafizikai értelemben anyagoknak tekinté.

Thomas Young, hogy az eleven erő fogalmának metafizikai fölfogásokra alapított elnevezését mellőzze, az eleven erőt erélynek s a vele egyenértékű mechanikai hatást munkának nevezte. Poncelet, a szinthézises geometria megalapítója, egyik mechanikai iratában a mechanikai munka fogalmát, valamint e munkának s az eleven erőnek kölcsönös átalakulásait a gyakorlati, különösen pedig a technikai irányban egészen



otthonossá tette. Mindazonáltal a mechanikai fogalmaknak a közfelfogásnak inkább megfelelő interpretációjával az erőmennyiség állandóságának fizikailag is általános elve még nem született meg; a döntő fordulat csak a Mayer vizsgálataival állott be.

Mind az itt, mind pedig a már más helyen elmondottakból kitűnik, hogy a Mayer-t megelőző korban senki sem volt, ki Mayer-től a prioritást elvitathatná. Azonban rövid idővel Mayer föllépése után fölléptek más fizikusok is, kik egypár évvel későbbi keletű munkáik alapján a prioritásra jogot formáltak, sőt Mayer-t egyideig kiszorították. Ezek közül különösen kettő vonja magára figyelmünket. Az első James Prescott Joule, salfordi serfőző, jogtudor s a Royal Society tagja, a második pedig a híres Helmholtz. Mivel e fizikusoknak a szóban forgó tárgyban való részvétele Mayer tudományos jogaival szorosan összefügg, azt Mayer további életviszonyait előtűntető következő fejezetben fogjuk megismertetni.

VI. Mayer életviszonyai. - Tudományos jogaiért vívott küzdelme s ennek közvetetlen eredményei.

Eddigelé Mayer-rel csak mint természettudóssal foglalkoztunk. Láttuk, hogy hat év lefolyása alatt közzétett három iratával a fizikát s az evvel összefüggő természettudományokat egészen új alapra fektette. Eme tevékenysége mellett életviszonyai közönyösek s ha csak a tisztán tudományos szempont volna irányadó, Mayer életrajzát már befejezettnek tekinthetnők.

Egészen másképen áll a dolog, ha a bűvárnak külső harczeit szemléljük. Új és nagy igazságoknak jellemző vonásához tartozik, hogy csak súlyos küzdelmek árán arathatnak teljes diadalt. Mayer, mint ilyen igazságok képviselője, nem kerülhette el, hogy a küzdelmet fölvegye s evvel kapcsolatban magát minden eshetőségnek kitegye. Robert Mayer úgy járt mint Galilei; a különbség nem a dolog lényegében, hanem csak a változott időviszonyoknak megfelelő külsősé-

gekben áll. Miként Galilei-t, úgy őt is pörbe, persze egészen más természetű pörbe fogták, a melynek azt kellett volna eredményeznie, hogy az általa védelmezett igazságokat vonja vissza. Minthogy a jelen században az inkvizíció morális eszközeit, nevezetesen az esküvel való visszavonást már nem lehetett alkalmazni, más eszközöz, a szellemi megbélyegzéshez kellett nyúlni, hogy ily módon az esküvel való visszavonás nyomatéka egyenértékűvé tétessék. Galilei nem nyilatkozhatott pöréről, melynek egyes részleteit még jelenleg is homály borítja, mert szavát az inkvizíciónak tett eskü fogta el. Mayer sem nyilatkozhatott pöréről, mert szavát a szégyen, jellemének passzív iránya s újabb bajoktól való félelem fogta el. Galilei Kopernikus-ért, Mayer önmagáért szenvedett s ez a körülmény teljesen kiegyenlíti a szenvedés morális nagyságát, ha netalán azt hozhatnók föl, hogy Galilei-nek nagy és hatalmas, mondhatnók világtörténelmi, Mayernek pedig csak kicsinyes, társadalmi ellenféllel kellett megküzdenie.

Midőn Mayer Jáváról visszatért, az orvosi praxis mellett első gondja volt, hogy eszméinek híveket szerezzen. Szülővárosában bátyján kívül hiába keresett volna valakinél az új tárgy nagyságának megfelelő értelmet, minélfogva heidelbergi és tübingai tanárokhoz fordult. Ezek azonban őt, mint a fizikához nem értő dilettánst, avval igazították útba, hogy eszméi téves voltának belátása végett valamely fizikai tankönyvben keresen fölvilágosítást. Mayer-t, mindamellett hogy nagyon sokat adott a mások véleményére s a mások tanácsának előzetes kihallgatása nélkül jóformán semmihez sem fogott, az efféle vélekedés nem ingatta meg, s azon volt, hogy eszméit a nyilvánosságra hozza, részint azért, hogy azoknak elismerést szerezzen, részint pedig, hogy elsőbbségi jogait biztosítsa. Mondottuk már, hogy nagy nehezen talált folyóiratot, mely első munkáját fölvette.

Ez 1842-ben történt. Ugyanez az év Mayer-re nézve még más tekintetben is nevezetes. Ebben az évben nősült meg, azaz házasították meg. Az

ilyen aktus más embernek rendszerint csak a családi szerencséjére s esetleg vagyoni és társadalmi állására van befolyással. Így volt ez Mayer-nél is, csakhogynála a dolognak még tudományos életére is befolyással kellett lennie. Egyelőre csak annyit jegyzünk meg, hogy neje egy jómódú kiskereskedőnek leánya volt s miként szülei s többi rokona - nem tekintve, hogy a férje tudományos eszmei iránt érzéke épen nem volt - csak Mayer-nek társadalmi állására s jövedelmező praxisára fektetett súlyt s Mayer-nek egyéb foglalkozásait valami nagyon fölösleges dolognak tartotta, morális tulajdonságai pedig olyanok valának, hogy netalán bekövetkezhető családi konfliktus esetén a férjnek kellett a rövidebbet húznia.

Mayer e változott viszonyok közepette is szorgalmasan dolgozott eszméi bővebb kifejtésén, minek eredménye a szerves mozgást s az ég dinamikáját tárgyaló 1843-iki, illetve 1848-iki iratai valának, melyeknek nyomtatási költségeit maga fizette meg. Valamint első irata, úgy ez

utóbbiak sem részesültek elismerésben. Mindazonáltal ezen általános közöny közepette előadta magát két tudományos esemény, melyek a Mayer tevékenységével szorosan összefüggnek. Megelőzőleg még csak egy, a Mayer külső életviszonyaira vonatkozó eseményt akarunk elbeszélni. Mayer, ki a fizikában új irányokat jelölt ki, nagy buzgalommal csatlakozott nemzetének 1848-iki mozgalmaihoz; de midőn a nép valódi érdekeit már megsértetteknek vélte, azoktól visszavonult, holott két fivére Bádenben insurgentsvezetőként működött. Mayer 1849-ben Frigyes bátyjának nejét, ennek saját kérelmére, Bádenbe kísérte, hogy bátyját visszatérésre bírják. Mayer a lázadók kezébe került s kevésbe múlt, hogy őt mint szökésre csábítót, főbe nem lőtték. Mayer ezután a politikától véglegesen visszavonult, bár több alkalommal nyilván föltűntette, hogy az ellenzéki irányhoz hajlik.

Térjünk vissza a föntebb jelzettük tudományos eseményekhez. 1843-ban, tehát egy évvel Mayer első dolgozatának közzététele után történt, hogy

James Prescott Joule, ki az elektromos áram hőhatásaira vonatkozó vizsgálatairól a fizikusok nagyobb körében már ismeretes volt, az elektromágneses hőhatásokra vonatkozó kísérletei kapcsolatában kísérleti úton meghatározta a hő mechanikai egyenértékét, s az e tárgyról közzétett iratában a hő s a mechanikai erők kölcsönös átalakulásait fejtegette. Joule eredménye a tudományos világ figyelmét, bár szintén nem azonnal, de mégis előbb vonta magára mint a Mayer-é. Még nagyobb figyelmet költött Joule-nak két évvel később közzétett értekezése, melynek már a címében is föltüntette, hogy a hőt bizonyos erőformának kell tekinteni. Azonban az új eszmék elterjedésére legnagyobb befolyással voltak a folyadékok surlódására vonatkozó kísérletei, melyekkel a hő mechanikai egyenértékét a kísérletek egész sorozatával újra s meggyőző pontossággal határozta meg.

Föltéve, hogy Joule csakugyan önállóan dolgozott, úgy a dolog érdemére nézve az egy évi időkülönbség elvégre nem volna ok arra, hogy az ér-

demet közötté és Mayer között meg ne oszszuk. Persze a prioritásnak az időrend eldöntötte formai joga minden esetre a Mayer részén van s Joule-t csak az az érdem illetheti meg, hogy a hő mechanikai egyenértékét közvetetlen kísérletekkel állapította meg. Ez azonban minden körülmény között érdem marad, mert mindamellett hogy a Mayer számításában a felhasznált adatok kísérleti úton meghatározottak valának, s a mi még fontosabb, a számítás elve is kísérletileg igazolt volt, tehát az egész számításban a kísérleti bizonyítás impliczite befoglaltatott: mégis a közvetetlen kísérleti bizonyítéknak e tárgynál is ugyanaz az értéke van, mint bármely más elméletnél, mely elvégre is a tapasztalásra támaszkodik. Másképen áll a dolog a kérdés elvi oldalával; itt a Joule s a Mayer első iratai között - mert csak ezek jöhetnek szóba - lényeges különbség van: míg Mayer az erőmennyiség állandóságát elméletileg állapította meg, még pedig nemcsak a hő és a mechanikai erőkre való tekintettel, hanem a természetben működő összes erők belevonásá-



val, addig Joule, bár az általánosabb felfogásnak félre nem ismerhető jeleit nyilvánította, megmaradt abban a szűkebb körben, melybe őt a mechanikai erők és a hő közötti összefüggésre vonatkozó vizsgálatai vezették. Ha még a későbbi iratokat is figyelembe akarnók venni, akkor ez a különbség még szembetűnőbbé válik; mert míg a Joule főtörekvése oda irányult, hogy az egyenértéket kísérleti úton minél pontosabban megállapítsa s 1850-ig a dolog elvies tovább fejlesztésére alig tett néhány lépést, addig Mayer 1848-ban, sőt mondhatjuk már 1845-ben, mert főmunkája ekkor jelent meg, az új törvény következményeit már a legszélsőbb határokig űzte.

Mindezek a párhuzamok természetesen csak addig jöhetnek szóba, míg megmaradunk azon föltevés mellett, hogy Joule csakugyan önállóan dolgozott. Azonban bizonyos körülmények ezt a föltevést, ha nem is döntik meg, de legalább is nagyon kétségesse teszik. Ugyanis Joule a párisi akadémia kiadványában, a Comptes Rendus 28-dik kötetében (1848) azt állította, hogy Mayer-

nek 1842-iki értekezése "nem érdemelte meg a tudósok figyelmét", mert az ő (Joule) kísérletei előtt senki sem tudhatta, hogy a fajhő a sűrűséggel nem változik. Mayer a következő 29-dik kötetben (1849. nov. 12. szám) elég udvariasan figyelmeztetné Joule-t, hogy a fajhő eme tulajdonságát már a Gay-Lussac kísérletei kétségtelenül eldöntötték. Joule itt mindenféleképpen nagy hibát követett el, mert nemcsak hogy a Mayer számítása ellen fölhozott kifogása volt alaptalan, hanem még formai hibát is követett el, mert a helyett hogy önállóságának védelmére szorítkozott volna - publikációjának későbbi kelete miatt ennél egyebet nem lett volna szabad tennie, - még Mayer-t támadta meg. De Joule még tovább ment. 1850-ben a tárgy történelmi fejtegetésébe bocsátkozott; az egyenértékűség eszméjének fejlődésére döntő fontosságúaknak ismerte el azokat a régibb kísérleteket, melyek a surlódás okozta hőfejlődés közvetetlen bebizonyításával a hő anyagi hipotézisét megingatták. E szempontból megemlékszik Mayer-ről is, ki a víznek rázás

okozta megmelegedését már első dolgozatában fejtegetései támogatására hozta föl! De azt egészen elhallgatta, hogy Mayer az egyenértéket tényleg meghatározta, holott erről 1848-ban tudomása volt. Mayer-nek ezt a mellőzését 12 évvel később, midőn Tyndall a figyelmet Mayer érdemeire fölhívta, avval akarta jóvá tenni, hogy azt állította, hogy a Mayer iratait 1850-ben közelebbről nem ismerte. Ez pedig annál furcsább, mivel 1848-ban az értekezést oly közletről ismerte, hogy a Mayer számításának képzelt hiányait is észrevette!

Joule-nak ez a magatartása önállóságát nagyon kétségessé teszi. De mivel nincsenek közvetetlen bizonyítékok, melyek önállóságát kétségtelenül megdöntnék, Joule-ra nézve legkedvezőbb ítélet a következőkbe foglalható össze: Joule kísérleti úton meghatározta a hő mechanikai egyenértékét, miután Mayer ugyanezt elméleti úton, a hozzá tartozó általános természeti törvénnyel együtt már megalapította volt. A prioritás ennél fogva egyedül Mayer-t illeti.

A második tudományos esemény Helmholtz-nak 1847-iki, Ueber die Erhaltung der Kraft című irata volt. Helmholtz e munkával csak akkor lépett föl midőn Mayer-nek első két dolgozata már a nyilvánosság elé volt bocsátva s midőn Joule munkái által a figyelem az új tárgyra volt fordítva. Ez a körülmény fölöslegessé teszi a dolog további megvitatását s nem szükséges, hogy behatóan előtüntessük, hogy Helmholtz a Mayer törvényét inkább csak filozófiai diskussziók alá vetette, még pedig épen nem előnyös variációkkal, de a dolog lényegére nézve semmi újat nem mondott s csak az elv alkalmazásaira (az indukziós tűneményekre, az elektrochemiára, a hőelektromos áramokra) vonatkozólag tett néhány új megjegyzést. Mégis a Helmholtz tekintélye s az a körülmény, hogy iratában Mayer-t egyáltalában nem említette, odahatottak, hogy ő is az erő megmaradása elvének felállítói közé soroztatott, mely vélemény később, midőn az ügy tisztulni kezdett, oda módosult, hogy Helmholtz szerzett az elvnek általános érvényt!

Midőn a figyelem Joule és Helmholtz munkái révén az új tárgyra fordúlt, Mayer méltán elvárhatta, hogy most már ő is törekvéseinek megfelelő elismerésben részesíttessék. Mayer csalódott; mert a németek a tárgy fontosságát elismerték ugyan, de elismerésüket első sorban Joule-nak tartották főnn. Ennélfogva szükségesnek tartotta, hogy jogai érdekében nyilvánosan szót emeljen. 1849. máj. 14-én prioritását az Augsburger Allgemeine Zeitung-ban reklamálta. Az eredmény az volt, hogy 8 nap múlva a fizikának egy tübingai magántanára, a württembergai egyetemi körök képviselőjeként szerepelve, ugyane lapban közölt egy nyilatkozatot, melyben a mellett hogy a fizika elemeiben való saját járatlanságát fényesen dokumentálta, a közönséget intette, hogy óvakodjék Mayer-től, mint a dologhoz nem értő s az angol eszméktől messze elmaradó dilettánstól, kinek képzeletes fölfedezéseit a tudományos körök már amúgy is elítélték. E durvasággal szemben Mayer mit sem tehetett; mert mindamellett hogy az említett újságból, mely tudományos

iránycikkei miatt Németországnak minden tudományos köre előtt ismeretes, a Mayer ügyéről mindenkinek tudomása lehetett, Mayer védelmére senki sem kelt, a szerkesztőség pedig magától Mayer-től semmi nyilatkozatot többé föl nem vett. Mayer az udvariasabb - s ez esetben mondhatjuk tisztességesebb - francziáknál keresett helyet védelmére s így jelent meg a Comptes-Rendus-ben a Joule igényei ellen közzétett említettük nyilatkozata. De ez Mayer-nek nem volt elég; ő jogait behatóan akarta megvitatni; mivel pedig előle minden más út el volt zárva, arra kényszerült, hogy védelmét tudományos dolgozataiba tegye át. 1850 végén hozzáfogott a Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme című iratának szerkesztéséhez, mely iratban nyomatékosság kedvéért eszméinek már idéztük első menetét is előadja, s a mellett, hogy a Joule experimentátori érdemei iránt való elismerését őszintén kifejezi, a következőket mondja: "Az új tárgy nem sokára fölkelte a tudósok figyelmét. De mivel azt úgy a bel- mint a külföldön kizáró-

lagosan idegen találmányként tárgyalták, arra kényszerültem, hogy prioritási igényeimet érvényesítsem. Mert habár a közzétettem dolgozatok, melyek a mindennap fölmerülő nyomtatványok árjában majdnem nyomtalanul eltűntek, már az alakjukkal is azt bizonyítják, hogy hatást nem vadászok, evvel még sem akarom abbeli hajlomat nyilvánítani, hogy a dokumentált tulajdonjogról lemondjak."

Mayer eme reklamációjának nyugodtsága és nagyon szelid hangja fölött csak csodálkoznunk lehet, ha meggondoljuk, hogy ellenségei mily durva támadásokat intéztek ellene. De ez a szelid, bár a méltatlanságok iránt nagyon fogékony lelkülete nem óvhatta meg a még rosszabbnak bekövetkezésétől. Érdemeinek kicsinylése, kétségbe vonása, sőt eltagadása kedélyére sujtó hatással volt. Az augsburgi újság vagy inkább az e mögött álló tudományos körök részéről ellene intézett irodalmi elnyomás s annak tudata, hogy ügye érdekében mit sem tehet, s jogainak igazságáról a közönséget nem győzheti meg, a szenti-

mentalításra való hajlamai mellett elannyira hatottak kényes érzéki szervezetre, hogy ideglázba esett. E betegségben az a szerencsétlenség esett meg rajta, hogy egy delíriuma alkalmával - nem lévén kellő fölügyelet alatt - egy második emeleti ablakból kiugrott. Ez az ugrás nem került ugyan életébe, de a lábain maradandó sérülést okozott, minek nyomai életének hátralevő 28 évén át járásán észrevehetők valának. Mayer meggyógyult s befejezte a föntebb említettük reklamácziós iratát, mely 1851-ben meg is jelent.

VII. Családi és társadalmi intrigák, melyek miatt Mayer az örültek házába kerül.

- Mayer ez ügygyel kapcsolatos magatartása s nyilatkozatai. - További tevékenysége.

- Jogainak elismerése. - Halála.

Mindaz, a mit az előbbeni fejezetben elmondtunk, csak előjátéka volt Mayer szomorú sorának. Tudva van, hogy Mayer az örültek házába került, honnét mintegy 15 havi kúra után "gyógyulva" távozott. Ez történelmi tény, melynek



körülményei hangosan tanúskodnak arról, hogy századunk kulturája nem elég hatalmas arra, hogy a fölvilágosodásnak egy kiváló és igazi bajnokát az irigység, rosszakarát és magánérdekekből folyó üldözések elől oltalomba vegye.

Ha Mayer csakugyan megtévelylődött volna, akkor ez a tény magában véve csak annyiban lehetne meglepő, a mennyiben egy éles eszű s magas gondolatokkal eltelt, különben pedig nagyon is nyugodt, csendes és béketűrő természetű tudós elméjének elhomályosodása egyáltalában meglepő lehet. Ha Mayer-rel ez az emberi dolog valóban meggesik, a legcsekélyebb ok sem forogna fönn, hogy azt szellemi életére megbélyegzőnek tekintsük, s az eset szándékos szépítgetése vagy éppen eltagadása merő fonákság volna. De mivel az azóta földerített körülmények határozottan oda mutatnak, hogy a Mayer örültségi esete nem az ő szellemének tényleges megzavarodásából, hanem csak az ennek látszatját mutató tényezők szántszándékos összeműködtetéséből áll, azaz, világosabban szólva, hogy Mayer-t erőszakosan

tették meg bolondnak: az egész eset, mely csak intézőinek jellemét szennyezte be, nem egyéb, mint az irigység, rágalom, ravaszság és durva erőszakoskodás folyamánya.

Bajos dolog volna a maga valóságában föltüntetni ez esetet, melynek körülményeit az intézők jónak látták kellő homályba burkolni, Mayer halála után pedig megmásítva s elferdítve hozni a nyilvánosságra. De szerencsére Mayer maga gondoskodott - persze már élte végső napjaiban, midőn a méltatlanságok színe-javát már kiállotta - hogy ügyének valódi mibenléte a nyilvánosság elé kerüljön s arról a jelen- s az utókor ítélhessen. Ő maga csak közvetetve lépett föl, mert ügyének személyes előterjesztése rá nézve nagyon kínos lett volna, de annál inkább óhajtotta, hogy a dolog más valaki által kerülne nyilvánosság elé, s ez oknál fogva a megkívántató adatokat készségesen bocsátotta az illetőnek rendelkezésére. Szándékának megvalósítására barátját, a híres Dühring-et kérte föl. Dühring, ki Mayer tudományos jogait már egypár év óta élő szóval s írott

művekben behatóan és a legerélyesebben védelmezte s érdemelnek méltatását hathatósan előmozdította, 1877 aug. havában Mayer-rel Wildbadban találkozott s e személyes érintkezés útján alapos és beható információkat szerzett. Dühring az ügynek jellemző részleteit már 1877-ben nyilvános előadásokban s 1878-ban Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie című iratának 4-ik fejezetében tette közzé, tüzetesen pedig a Mayer életét és tudományos jelentőségét tárgyaló Robert Mayer című munkájában (1880) ismertette. Minthogy Dühring előterjesztéseivel szemben eddig még - legalább tudtunkkal - számbavehető ellenvetések nem tétettek s a dolog természete szerint nem is valószínű, hogy tétetni fognak s ezenkívül még Dühring 1877-iki előadásai Mayer helyeslésére és tetszésére találtak: a következőkben a Mayer ügyét Dühring-nek említettük munkái nyomán fogjuk ismertetni.

Mayer-re az augsburgi újságban fölhozott rágalmak s az ezeket követő irodalmi elnyomás, a

lázbetegségében megesett szerencsétlensége, végre az élőszóval terjesztett rágalmak, melyek egészen a közvetetlen környezetéig jutottak, annyira leverőleg hatottak, hogy a búskomorság egy nemébe esett. A tübingai professzorok, kik az augsburgi támadásnak is intézői valának, most elérkezettnek látták az időt, hogy Mayer-re a nagyzás hóbortját tukmálják. Ez a ráfogás Heilbronnak kisvárosi társadalmában s a kicsiny Würtemberg egyéb köreiben köztetszésre talált. Írigy orvosok és nyilvános egészségügyi hivatalnokok mérgelődtek, hogy egy ilyen heilbronni gyakorló orvos, ki még csak udvari tanácsos sem volt, egy fizikai nagy fölfedezést akart volt tenni. A filiszteres gondolkodásmód bornirtsága megtette a magáét, hogy a geniális férfiú életét súlyossá tegye s a hő mechanikai egyenértéke Mayer-nek többé nem az érdeme, hanem a rögeszméje volt. Végre - s ez volt a dologban a leggonoszabb - a családját, különösen pedig az apósát, tehát olyan személyeket, kiknek a nagyzás hóbortjáról vagy egyenértékűségi rögeszmékről

sejtelmük sem volt, szintén az intrigákba vonták. Mayer különösen apósát jelölte meg mint olyant, ki családját izgatta. Ez az ember, ki a vagyonszerzésnek nemzetgazdasági szempontból hazafi-as kötelességét egyszersmind az ember egyedüli és legfőbb kötelességének tekintette, nagyon bosszankodott, hogy Mayer, a helyett hogy vagyonra és méltóságokra törekednék, idejét inkább tudományos bűvárlatokra, tehát olyas dolgokra fecsérli, melyeket nézete szerint mértékadó körök már régen a hóbortok országába soroztak. Az após nézetei, mindamellett hogy Mayer a hivatásával járó kötelezettségeit legkevésbé sem mulasztotta el, sőt nagy praxisnak örvendett, Mayer ne-jénél termékeny talajra találtak; az asszony fér-jét oly egyénnek tekinté, ki abban a rögeszmében szenved, hogy nagy dolgot talált föl. Ily módon Mayer bolondnak hírébe esett még mielőtt örült-ségét szakértő doktorok konstatálták volna. Mayer ismerősei, orvosok és papok, nem tartot-ták érdemesnek, hogy tudomást vegyenek arról, hogy a Mayer hóbortjai, persze mint a mások ta-

lálmanya, a tudományos világot már bejárni kezdik, s ennél fogva erélyesen biztatták Mayer-t, hagyna föl az olyan hóbortokkal. Mivel pedig Mayer állhatatosan ragaszkodott rögeszméjéhez s mivel elég türelme volt, hogy a méltatlanságokat elviselje, de nem volt elég erélye, hogy ezeket visszautasítsa s "barátait" nyakáról lerázza, helyzete mindinkább tűrhetetlenné vált. Halála után rokonai, tehát az érdekelt felek, nagy kegyesen megengedték ugyan, hogy semmi erőszakoskodást nem követett el s nem voltak rohamos kitörései, melyek következtében szigorú rendszabályokhoz kellett volna fordulni, azaz magyarán szólva, hogy nem volt kötözni való bolond, hanem azt igenis megtette, hogy néha órákig, sőt félnapokig szobájában hevesen járkált le-föl s néha oly beszédeket hallatott, melyek már csak gyermekei nevelése érdekében is kívánatossá tettek, hogy a házból eltávolíttassék!

Mayer, kit már a tudományos világban tett tapasztalatok amúgy is elkésérítettek, a társadalmi, de leginkább a családi mizériák miatt még komo-

rabb hangulatba jutott. Végre a saját elhatározására csakugyan elhagyta házáat. Mayer üdülést keresett. Semmi rosszat nem gyanítva, a göppingeni vízzel gyógyító-intézetbe ment. Mivel az idegbajok gyógyítására berendezett intézetek gyakran elmegyógyító-intézetekkel vannak összekapcsolva, Mayer-nek a hely megválasztásában nagyon óvatosnak kellett volna lennie; mivel továbbá már csak az udvariasság és formaiság kedvéért is az intézeti orvost konzultálnia kellett, a mint az ilyen intézetbe lábát betette volt, már is annak a veszélyes eshetőségnek tette ki magát, hogy a családja által annyira óhajtott nagyzáshóbort elleni kúra rajta foganatba vétetik. Mayer később maga is beismerte, hogy búskomorságban szenvedett, hiszen ez okból keresett üdülést, de örültségről, melynek valóságát a sajnos eset után búskomorság nélkül átélt 25 éven át orvos létére mégis csak megítélhette volna, szó sem volt.

A legkevésbé sem gyanakodó Mayer csakhamar tapasztalta, hogy az apósa s a neje által befolyásolt orvosok folytonosan találmányait emlegette.

tik s ez annyira bántotta őt, hogy végre surlódások keletkeztek. Az orvosok most odahatottak, hogy Göppingenből Winnenthalba, azaz - a mint azonnal látni fogjuk, - csőből csurgó alá menjen. A winnenthali orvosokra családjának még nagyobb befolyása volt s ez a körülmény a többit érthetővé teszi. Neje és apósa nem is gondoltak arra a szomorú eshetőségre, hogy megbélyegzése orvosi hivatására, társadalmi állására, tehát anyagi helyzetére is a legrosszabb befolyással lehet. A kívülről élesztett szenvedély hangja még a magánérdekeket is elnyomta. Elég az hozzá, hogy Mayer egyszerre csak azon vette magát észre, hogy szabadságától meg van fosztva s hogy a nagyzás hóbotja ellen rendszeres kúrának van alávetve. E kúra, melynek vezetője Zeller egészségügyi tanácsos volt, azt lett volna eredményezendő, hogy Mayer fölfedezéseit vonja vissza. Mayer nagyon csendesesen viselte magát s csak annyit kért, engedjék meg neki, hogy szülővárosából valakinek látogatását elfogadhassa s ily módon sajátságos helyzetének okairól fölvilágo-



sítást kérhessen. De ekkor már szobába zárva tartották. Hogy valakit magához hívjon, levetett csizmájával szobája ajtaját dőngette. Ez a borzasztó cselekedet, mint az őrültségi rohamoknak kétségtelen ismertető jele, szigorúbb eljárást tett szükségessé. S ez volt a leggonoszabb, mert ugyanaz a Zeller, ki a Mayer szellemét a tébolyból kigyógyítani akarta, testét különféle műszerekkel a legbarbárabb módon kínoztatta. Midőn Mayer a kényszerszékbe szorítva ült, Zeller, kit Mayer-nek a szerves mozgásról írt műve különösen boszantott, így kiáltott reá: "Ön az iratában olyan körnégyszögesítés-félét akart feltalálni!" Mayer nem erőszakoskodott, de annál élesebb hangon kelt ki e durva bánásmód ellen, mi által azonban csak még durvább eszközök alkalmazásának tette ki magát. A gépek izmait egészen a csontokig zúzták össze; e sebektől s a hátgerincz erőszakos összepréselésének következményeiből csak évek során át gyógyulhatott ki. Végre a teste már annyira össze volt törve, hogy orvosa is megszeppent egy kissé s magára nézve is komoly

bajok bekövetkezésétől tartva, a majdnem halálra kínzott embert szabadon bocsátotta (1854).

E sajnos s csakis az intézőire nézve szégyenletes esemény Mayer-nek további életfolyására döntő befolyással volt. A mélyen megalázott férfiú visszament ugyan Heilbronnba, de az orvosi praxisnak vége volt. Mayer - legalább egy ideig - tétlenségre volt kárhoztatva, mert hogy orvosi praxisát újból megkezdhesse, nyilatkozatot kellett volna közzétennie, hogy tébolyából immár kigyógyult, ezt pedig semmi áron sem akarta tenni, mert ez által a rátukmált örültséget maga is elismerte volna. Legjobban szeretne volna az egész ügyet a nyilvánosság előtt a maga rideg meztelességében feltárni és megvilágosítani, de az eddigi tapasztalatok után a legkevesebb kilátása sem volt, hogy ezen az úton sikert arathasson, nem is tekintve azt, hogy bizonyos orvosi köröknek most már a saját tekintélyük érdekében vele szemben a nyilvánosság előtt is ellenséges állást kellett volna elfoglalniok. Mayer az egész ügyet annyira gyűlöletesnek tekinté, hogy elhatározta,

hogy már csak a további nyugalma érdekében is hallgatni fog. De eme türelmes és hallgatólag magatartása daczára környezete nagyon is éreztette vele, hogy őt volt bolondnak s olyannak tekint, mint a kinek értelmi tehetségei még most sincsenek egészen rendben. Az 1877 végén Dühringhez intézett levelében maga mondja a következőket:

"Miután mindenki tudja, hogy bolond vagyok, mindenki hivatva érzi magát, hogy fölöttem szellemi gyámságot gyakoroljon."

Mayer-nek a nagyzáshóbort elleni kúra után mindenekelőtt utókúrát kellett használnia, hogy t. i. az első kúra szomorú következményeitől megszabaduljon. Testi erős konstitúciója nagy segítségére volt, minélfogva aránylag rövid idő alatt a legsúlyosabb sebekből kigyógyult. Praxisa, mint említettük, nem volt. Szerencsére volt annyi vagyona, hogy a nélkül is megélhetett. Ily körülmények között Mayer vallásos elmélkedésekben keresett vigasztalást. A vallás elvei, úgy a mint

vannak, keserű tapasztalatai után nem adtak elég megnyugvást, minélfogva saját eszmekörében önálló ideákat teremtett, a melyek arra lettek volna hivatva, hogy sorsával kibékítsék. Mayer nem hallatott magáról semmit, mindössze is csak a városi polgársággal érintkezett s ennek körében szórakozott. A tudományos világ nemcsak szellemileg, de az Augsburger Allgemeine Zeitung ama közleménye után, hogy ő az örültek házában meghalt, testileg is halottnak vélte.

Így tartott ez 1854-től 1862-ig. Az utóbbi évben a halott Mayer Ueber das Fieber című rövidke értekezésével ünnepelte föltámadását. Mindazonáltal meg kell jegyeznünk, hogy a Mayer alapvető munkájára támaszkodó mechanikai hőelmélet az ötvenes években már tért kezdett foglalni, minélfogva már csak a formaiság kedvéért is meg kellett emlékezni a heilbronni halottról. A Jamin-féle Cours de physique-nek a hőt tárgyaló kötete

1859-ben jelent meg s abban a hőelmélet alap-  
gondolata már egyenest a Mayer szellemi termé-  
ke gyanánt volt föltüntetve. Németországban is  
egyes jelek oda mutattak, hogy a Mayer művei-  
nek egy kevés méltatásra lehet kilátásuk. Azon-  
ban a Mayer munkáihoz méltó s a rajta elkövetett  
méltatlanságok nagyságának megfelelő első elég-  
tétel csak 1862-ből datálódik. De nem a Mayer  
házából, hanem Angolországból derengtek a  
megváltás sugarai. 1862-ben történt, hogy a híres  
Tyndall a Philosophical Magazine-ben az angol  
közönség elé egy jelentést terjesztett, mely jelen-  
tésben Mayer-nek alapvető érdemei iránt való el-  
ismerésének méltó kifejezést adott. Tyndall-nak  
ez a föllépése annyival is inkább méltánylandó,  
mivel Mayer-nek legtekintélyesebb vetélytársa  
szintén angol volt. Tyndall fölismerte Mayer mű-  
veinek rendkívüli értékét, melyet előterjeszté-  
sében a megfelelő színben tüntetett föl. Tyndall  
népszerűsége oda hatott, hogy a figyelem na-  
gyobb mértékben fordult Mayer-re mint bármi-  
kor azelőtt.

Mayer felhasználta ezt a kedvező fordulatot s 1867-ben sajtó alá rendezte addigi összes iratainak kiadását, mi által azok a nagyobb közönségre nézve is hozzáférhetőkké lettek. E kiadásnak közvetlen hatásai azonnal szembetűntek. Mayer a tudományos világban tért kezdett foglalni, sőt alkalma nyílt, hogy az általa mívelt szakokban kivívott eredményeket személyesen ismertesse. 1869-ben meghívás által a természetvizsgálók innsbrucki nagygyűlésén (szept. 18.) nyilvános előadást tartott. Mayer a hő mechanikájának szükségképeni konzequenciáit és inkonzequenciáit fejtegette. Ez alkalommal a meteoros elméletnek egyik pontját is kiegészítette, a mennyiben megmutatta, hogy a kozmikus tömegek összeverődéséből nem következik szükségképen, hogy a naprendszer vagy általában a csillagrendszerek maholnap egy mozdulatlan tömeggé zsugorodnak össze. Ugyanis tapasztaltott, hogy némely meteor 9 geográfiai mérföldnél nagyobb sebességgel, tehát hiperbolás pályában halad. Mivel pedig a földpályának a Naptól való

távolságában az olyan test, mely mozgását csakis a Nap vonzalmának köszönheti, 5.8 mfldnél nagyobb sebességgel nem haladhat, következik, hogy az illető meteor 7 mfldnyi hajítás-sebességgel jutott a Nap vonzás-szférájába. Ennélfogva a hiperbolás pályában haladó meteorok "tüzes futárok", melyek "bizonyos időben s bizonyos helyeken létrejött tömeg-konfliktusról tanúskodnak". Nem kell tehát attól tartanunk, hogy a naprendszer meteorjainak elfogyása után a rendszer halála következik be, mert a nagy tömegek konfliktusa a világgá szórt meteorokkal a rendszernek új táplálékot nyújt. Ez előadásában részletesebben leírja azt a készüléket is, melyet már tizenhat év előtt Bemerkungen über das mech. Aequiv. der Wärme című iratában említett, s mely a hő mechanikai egyenértékének kísérleti meghatározására szolgál. Időközben egy ügyes technikus által úgy rendeztette be a készüléket, hogy ez dinamométerül is szolgálhasson, azaz a gépek, munkáját a víz megmelegedésével mérje meg. Ez a készülék világosan tanúskodik arról, hogy Mayer na-

gyon is gondolt a hő mechanikai egyenértékének kísérleti meghatározására, holott még jelenleg is, a Mayer iratainak nem ismerése miatt, az a téves nézet uralkodik, hogy az experimentális bizonyíték kizárólag a Joule érdeme s hogy Mayer-nek experimentátori összes tevékenysége csak ama bizonyos vízrázásokra szorítkozott.

Mayer-hez innsbrucki előadása alkalmával néhányan azt a kérdést intézték, vajjon Helmholtz nem önálló feltalálója-e az erő megmaradása elvének. Mayer, mint ezt később bevallotta, e kérdés által udvarias nyilatkozatra kényszerítetvén, nagyon kínos helyzetbe jutott, de végtére is Helmholtz-ot, Joule- Colding-, Hirn- és Holzmannel együtt, a későbbi önálló feltalálók közé sorozta. Az érdekelt felek a Mayer iróniás nyilatkozatát készpénznek vették. Mindazonáltal tíz évvel később Dühning-hez intézett leveleinek egyikében kereken kijelentette, "hogy ha honfitársaimnak valaha sikerülne engem félrevetniök, akkor csakis az angol Joule és senki más nem veheti át örökségemet".



Mayer 1870 és 1871-ben szülővárosában és ennek közelében nyilvános előadásokat tartott, a melyekben fölfedezésének jelentőségét különféle irányokban világosította meg. Eszméinek újságával és élénkségével fényesen bebizonyította, hogy értelmi tehetségeinek megtöretlen birtokában van. Műveinek behatóbb méltatása nagy elégtétel volt rá nézve. Azonban jogainak kizárólagos és föltétlen elismerése még mindig hátra maradt s tegyük hozzá, hogy részben még most is hátra van. Már az innsbrucki inczidensből személyesen és közvetetlenül meggyőződhetett, hogy a tudósok birodalmában őt még mindig olyas valakinek tekintik, ki az új dolgokban nem az alkotó s az alapító, hanem csak a közreműködő szerepét játszsza. Jogainak az imént jeleztük elismeréséhez az első lépést Dühning tette meg 1872-ben, a mechanikai elvek történetét tárgyaló híres művével. E műnek hatásai szembetűnőek valának; Mayer már két év múlva abba a helyzetbe jutott, hogy iratainak újabb értekezéseivel és előadásaival bővített második kiadását sajtó alá

rendezhette. Dühring művének 1876-iki új kiadása, mely a Mayer-re vonatkozókat még behatóbban és még szigorúbb kritika alá vette, a hatást még inkább fokozta. Az evvel kapcsolatos s a tudományos és társadalmi világban rendkívüli föltűnést keltő mozgalmak, melyeket elvégre napjaink eseményei közé számíthatunk, sokkal közelebb fekszenek, semhogy a véglegesen még ki nem fejlődött dolgok áttekintése és tárgyas megbirálása egykönnyen kivihető volna. A mennyiben saját tapasztalatainkra hivatkozhatunk, csak abbeli véleményünknek adhatunk kifejezést, hogy Dühring nagyon messzire megy, midőn a Mayer-féle jogok kizárólagos és föltétlen elismerésének kivívását kizárólag magának vindikálja. Azonban a tudományos levegőt tisztítani kezdette s Mayer-rel való 1877-iki találkozása nyomára vezetett sok oly dolognak, melyeknek feltárását az igazságnak s az emberi jogoknak tisztelője fájdalommal nélkülözte volna. Mayer már ahhoz a ponthoz jutott, melynél nem kerülhette volna el, hogy ügye védelmére személyesen is síkra

szálljon. Azonban a tudománynak ez a martirja már 1878 márcz. 20-án megszűnt élni.

Ha valaki egész életét a tudományoknak szentelte s ezen a téren korszakalkotó munkásságot fejtett ki, nagyon jogosan föltehető a kérdés, hogy érdemei fejében micsoda jutalomban részesült. Az igazi bűvár egyszersmind önzetlen is; tevékenységének haszonra és személyes előnyökre való kilátások irányt nem szabnak; célja oly magas, hogy annak, a mit a szó közönséges értelme szerint jutalomnak és kitüntetésnek nevezünk, rá nézve csak akkor lehet értéke, ha oly önzetlen forrásból ered, mint a milyen önzetlenek voltak azok a motívumok, melyekből a jutalomra való igények jogosultsága ered. Ilyen igazán értékes jutalmakban és kitüntetésekben Mayer soha sem részesült, mert a diplomákban és érmekben kifejezett formai kitüntetések, melyeket élete utolsó tíz évében kapott, az ötvenes évek elején rajta elkövetett durva méltatlanságok után csak rossz tréfának tekinthette. Mayer 1848-ban nagy művét már befejezte volt; hogy ekkor kitüntetések he-

lyett mit kapott, azt tudjuk élete történetéből. Nagyon természetes, hogy az évtizedek után kapott kitüntetésekre semmit sem adott; minélfogva nem adóznánk valami különös elismeréssel emlékeztének, ha azokat tüzetesen felsorolnók; csak azt akarjuk megemlíteni, hogy a párisi akadémia Poncelet-díja és a londoni Royal Society Copley-érme is közöttük volt. Akadémiai s egyetemi diplomákból annyit kapott, hogy velük, mint maga mondá, szobáját kitapétázhatta volna. Mayer a személyi nemességet is megkapta, de a neve elé a von-t soha sem írta s a nemességére való tekintetre sem a magán-, sem a nyilvános életben igényt nem tartott.

Említettük már, hogy Mayer a vizsontagságok köze pette vallásos meggyőződésében keresett menedéket, sőt az iskoláztatásnak azt a szellemi nyűgét, mely a vallásosságot a becsületesség föltételéül tukmálta reá, soha sem tudta lerázni. Pedig közvetetlen környezetében bő alkalma lett volna, hogy tapasztalhassa, miként szokták a vallásosságot az álnoksággal összeegyeztetni; de ő

becsületes akart maradni, a mint hogy az is maradt. A hol erélyre és bátor föllépésre volt szükség, ott a kereszténységnek helytelenül, de becsületesen értelmezett elvei kedélyére olyan féket vetettek, mely őt ellenségei kegyelmének szolgáltatta ki. Tudományos dolgokban is, hol szelleme merész játékának bizonyos korlátokat kellett volna áttörni, keresztényies benső sugalmazás miatt inkább megállapodott. E tekintetben a divatozó kétszínűséget nem ismerte, s nézeteinek nyílt és őszinte kifejezést adott. "Ha már beláttuk, mondá az innsbrucki gyűlésen, hogy nemcsak anyagi objektumok, hanem még erők is, még pedig az újabb tudomány szorosabb értelmében vett elpusztíthatatlan erők is vannak, akkor a szellemi exisztenciák fölvételére és elismerésére még csak egy következetes lépést kell tennünk.... Az élő test, mint ezt most tudjuk, nem csupán anyagi részekből, hanem még lényegesen erőből is áll. De sem az anyag, sem az erő nem képes gondolkodni, érezni és akarni." Mayer durva tévedésnek mondja azt a föltevést, mely sze-

rint a gondolkodásnak az agy anyagi működésével összefüggő funkciója már maga a gondolkodás volna. Ez állítást a következő példával illusztrálja: "Tudva van, hogy egyidejű kémiai folyamat nélkül telegráfes értesítés nem jöhet létre. Azonban azt, a mit a telegráf mond, tehát a sürgöny tartalmát, semmiképen sem lehet valamely elektrochemiai akciónak tulajdonítani. Még inkább áll ez az agyra és a gondolatra nézve; az agy csak az eszköz, de nem maga a szellem. De a szellem, mely már nem tartozik az érzékileg észrevehető dolgok közé, a fizikusra és az anatomusra nézve nem lehet a vizsgálat tárgya."

Mayer, ki az erőnek is mintegy az anyagiasságát bizonyította be, tehát tudtán kívül s a szó legnemesebb értelmében materialista volt, a materializmus túlkapásait állhatatosan ostorozta. "A materializmusnak, mondá Mayer egy másik előadásában, bizonyos fokig minden esetre megvan a maga jogosultsága. Az anyag létezik s a létezésében megvan a létezéshez való joga.... A termé-

szettudományok, szerencsájukra, a filozófiai rendszerek alól emanczipálták magukat s a tapasztalással karöltve a maguk útján jó sikerrel haladnak. Ha azonban fölületes fők, kik szeretnek a nap hőseiként szerepelni, a materiális vagyis az érzékileg észrevehető világon kívül semmi mást és semmi magasabbat elismerni nem akarnak, akkor az egyesek ilyen nevetséges túlkapásait nem lehet a tudományok terhére fölróni...."

Mayer a tudományok népiesítése, még pedig a szó legnemesebb értelmében vett népiesítése érdekében rendkívül sokat tett. Geniális eszméit mindenkor a legegyszerűbb formában terjesztte elő; előadásában a legnehezebbeknek látszó dolgok tisztán és világosan folynak. Valóban csodálkoznunk kell, hogy munkái, melyeknek már csak nemes egyszerűségük és könnyen érthetőségük miatt is már első megjelenésük után a legszélesebb körben kellett volna elterjedniök, még most sem részesíttetnek méltó figyelemben. Persze, ez iratok is abban a hibában szenvednek,

melyekben szerzőjük szenvedett: szerények és igénytelenek. Hangzatos népies munkák, ha elcsépelte dolgokat tárgyalnak is, óriási lépésekkel terjeszkednek s idegen nyelvre fordíttatnak; de a Mayer könyvének, a nagy eszmék eme kincses bányájának, jogaiért még most is kell küzdenie.

Midőn Mayer meghalt, földijeinek első gondja az emlékszobor-állítás volt. Ugyanazok az emberek, kik életében üldözték, letették s szellemét még testi halála előtt eltemették, halála után pedig - persze már csak jelentékenyen mérsékelt eszközökkel - szellemi emlékezetét akarják elhomályosítani, hiú játékot űznek, midőn a félreismeret nagysággal önmagukat akarják megtisztelni. Ha valaki nem szorúl kő- és érczemplékre, úgy bizonyára Mayer az; a mit alkotott, az túléli dicőségét mindazoknak, kiknek emlékezetét csak kő és ércz biztosítja. A jövő századok történetírója a fizikának egy első nagy korszakáról fog beszélni, mely korszaknak alapvetője Galilei, betetőzője pedig Robert Mayer vala; e bűvárok művei oszlopok, melyek örök időkre fogják hir-



detni nemcsak szerzőik dicsőségét, hanem mind-  
azokét is, kik ama szerzők szellemi nyomdokait  
követő műveikkel az egyetlenegy, de örökké ál-  
landó erő alakváltozásainak tudományával az  
emberi nemet megtisztelték.

VÉGE.