ASTRONOMIA

ÍRTA
D^{R} WONASZEK A. ANTAL
A
KIS-KARTALI CSILLAGDA
OBSERVATORA.

16 ÁBRÁVAL.

POZSONY. 1902, BUDAPEST.
STAMPFEL KÁROLY KIADÁSA.

TARTALOM

Bevezetés.

ELSŐ FEJEZET.
A Föld, mint égitest.

MÁSODIK FEJEZET.
A Naprendszer. Bolygók és holdak.

HARMADIK FEJEZET.
Üstökösök és hullócsillagok.

NEGYEDIK FEJEZET.
Az állócsillagok.

ÖTÖDIK FEJEZET.
Csillaghalmazok és ködfoltok.

Bevezetés.

Az asztronomia az égitestek valódi és látszólagos mozgását tárgyalja valamint azon ismereteinket foglalja magában, melyek az égitestek physikai tulajdonságaira vonatkoznak.

Az égitestek valódi mozgása alatt általában az időben végbemenő helyváltoztatást értjük; s ha a helyváltoztatást valamely szilárd vagy mozgó pontra viszonyitjuk, a mozgást látszólagosnak tekintjük.

Az égitestek physikai tulajdonságai alatt a rajtok megfigyelhető jelenségeket értjük, ilyenek a szin- és fényjelenségek, a felület alakulásai és a különféle változások.

Az asztronomia ennek megfelelően több ágra oszlik:

1) az elméleti (theoretikus) asztronomiára, mely az égitestek valódi mozgását,

2) a gömbi (sphaerikus) asztronomiára, mely az égitestek látszólagos mozgását,

3) a physikai asztronomiára, mely az égitestek physikai tulajdonságait tárgyalja.

Az elméleti astronomiát astromechanikának, a physikait astrophysikának is nevezik.

Az astronomiának alapjául a megfigyelés, észlelés (observatio) szolgál. A külömböző helyen és időben s külömböző eszközökkel történt megfigyelések azonban alig volnának összehasonlíthatók s egybevethetők, ha a számitás a különnemű adatokat egységes időre s ugyanazon helyre nem vonatkoztatná, valamint a külömböző eszközöktől eredő eltéréseket ki nem egyenlítené.

A gyakorlati astronomia igy kettős munkakörrel bir: egyrészt a jelenségek megfigyelésével, másrészt az adatok átszámitásával foglalkozik.

Az asztronómiában nagy jelentősége van a pontos hely- és időmeghatározásoknak s azért is a csillagászati megfigyeléseknek egyik sorozata a hely és idő pontos megállapítására irányul. A szigoru pontossággal végrehajtott hely- és időmérések igazgatják óráink állását s egyenletes menetét s igy az emberiség gazdasági berendezéseinek (vasút, hajózás) szabályozására nagy mértékben befolynak.

Az astronomiának ezen gyakorlati jelentőségénél talán sokkal nagyobb fontossága van morális és intellektuális tekintetben. Magasztos tárgya s elméletének a tudományok között páratlanul tökéletes fejlettsége miatt az astronomia az emberi értelemnek legnagyobbszerű alkotása. Büszke lehet az ember, mely értelmének erejénél fogva kutató tekintetével behatolhat a világür mérhetetlen mélységeibe s aránylag kicsinyke üvegen át megfigyelheti a nagy mindenség örökké tartó mozgásait és örök érvényű törvényszerűségét.

A végtelen mindenség azonban föltárja előttünk a nagy ellentéteket is, melyek a kicsiny ember s a mérhetetlen kiterjedésű világtestek között léteznek. Porszemnek érzi magát az óriások között azzal a tudattal mégis, hogy kicsinysége daczára saját nagyságát kell csodálnia azoknak óriási méretei fölött.

S a midőn az emberi értelem elkalandozik a tér és idő végtelen távolságaiba és sehol nyugovót, sehol határt nem talál, önkéntelenül egy magasabb rendű, mindeneket teremtő és kormányzó lényre gondol, ki a végtelen térben és időben egyedül uralkodik s korlátlanul igazgat. Igy vezet az astronomia, tudományos elméletének legnagyobb fejlettsége mellett is, a Mindenható gondolatára, kiről ég és föld beszél, mig a csillagok el nem múlnak.

ELSŐ FEJEZET.
A Föld, mint égitest.

I.

Az astronomiának alapul szolgáló megfigyeléseink a Földhöz vannak kötve. Nem emelkedhetünk a csillagok közé, hogy közelebbről figyelhessük meg azokat, minden észlelésünk a Földről történhetik csak. Innen van, hogy Ptolomäus „Almagest"-jében a Földet helyezte a világegyetem középpontjába (130 Kr. u.), s körülötte keringett excentrikus körökben a Hold, a Merkur, a Venusz, a Nap, a Mars, a Jupiter és a Saturnus. Az egész bolygórendszert végül körülburkolta az állócsillagok sphaerája.

Ptolomäus rendszere a bolygóknak bonyodalmas epicyklikus mozgásával Coppernikus fellépéséig (sz. 1473. megh. 1543.) tartotta fenn magát.

Coppernikus megdöntötte a régi rendszert s uj elméletében a bolygók mozgásának egyszerűbb magyarázatát adta. Szerinte a bolygók majdnem egyenletes mozgással köralaku és a nappálya (ekliptika) síkjától nem sokban eltérő pályákban a Nap körül keringenek, mely minden pályának majdnem a középpontjában áll. A Merkur és a Venus pályáját a Föld pályája, s ezt ismét a Mars, a Jupiter és a Saturnus pályája veszi körül. A Föld a Coppernikus rendszerében elvesztette kiváltságos helyzetét s a többi bolygó rangjára süllyedt. S ezen heliocentrikus felfogás a bolygók látszólagos mozgását sokkal egyszerűbb módon fejti meg, mint a régiek geocentrikus rendszere.

A Föld a többi bolygó módjára háromféle mozgást végez: először is tengelye körül forog bizonyos sebességgel, mely 2000 év óta értékében nem változott; másodszor a Nap körül kering egy év lefolyása alatt ellyptikus pályán, melynek alakja nem minden időben egyforma, jelenleg azonban a körtől csak kevéssé tér el; harmadszor a világürben tovább haladó Napot követi mozgásában, mely ismét mint valamely magasabb foku rendszernek tagja eddig ismeretlen központ körül végzi futását.

A Föld tengelye ezen mozgások alatt nem marad állandóan önmagához párhuzamos helyzetben, - mint megmaradna akkor, ha bolygónk homogén geometriai golyó volna, - hanem a Nap és Hold vonzásának változása miatt, 26000 év alatt egy körkúp palástját írja le, melynek geometriai tengelye a látszólagos éggömböt két pontban találja. A pontok a Nap által látszólag leirt legnagyobb körnek, az úgynevezett ekliptikának a sarkpontjai.

A Föld tengelyének ezen ingása: a präcessio nevet viseli.

A tengely lassú ingása előidézi azt, hogy az állócsillagok az ekliptika s az equator metszőpontján és a sarkpontokon áthaladó főkörtől mindinkább távolodnak, bár az ekliptika síkjától való távolságuk változatlan marad.

A Föld tengelye még más ingásoknak is van alávetve, melyek közül némelyek periodikus változásokat hoznak létre, mások ismét szabálytalanul folynak le. Egy ilyen tengely ingás a nutatió nevét viseli, s 19 évi periodushoz van kötve.

A szabálytalan tengely ingások a Föld belsejében végbemenő tömeg eltolódások s áthelyezésekből erednek s nagyrészt csekély értékűek.

A legujabb csillagászati mérések, az igen nagy pontossággal végrehajtott sarkmagasság-mérések kimutatták, hogy számtalan geográfiai helynek a sarkmagassága lassú csökkenésnek van alávetve. A sarki magasság csökkenése pedig csak a Föld tengelyének eltolódásából eredhet.

A tengely eltolódása a Föld belsejében okvetlenül maga után vonja a sarkmagasság változását oly értelemben, hogy két, egymástól 180°-nyi földrajzi hosszuságban távol álló, geográfiai helynek sarkmagassága egyenlő időben egyenlő értékkel változik, de úgy, hogy az egyiké csökken, a másiké ugyanannyival megnövekszik.

Valószínű, hogy hasonló tengelyingásokkal bir a többi tengely körül forgó égitest is, a minthogy Földünk a többi égitesttel sok tekintetben megegyezik. A Naprendszerhez tartozó bolygóknak megegyező tulajdonságai nagyon valószinüvé teszik azt is, hogy valamennyien közös eredettel birnak. A Swedenborg és Kant által egymástól függetlenül kifejlett elmélet a bolygórendszer kialakulásáról, Laplace által szigorúbb tudományos megokolást nyert, s most általában érvényesnek tekintik.

A Kant-Laplace-féle elmélet szerint a bolygókban jelenleg felhalmozott összes anyag egykor egyetlen egy óriási gömböt alkotott, melynek kiterjedése a Neptunus pályájának határain is tul terjedt. Az óriási térben szétosztott anyag sürüsége igen csekély lehetett, ködnemü „chaos”-t alkotott.

A chaotikus ködgolyó tengelye körül forgott, s aequatorán a forgó mozgás következtében erősen kidomborodott, sarkain pedig belapult. Midőn a centrifugális erő az anyag belső összetartását legyőzte, az aequatora mentén levált az anyag egy része vékony gyürü alakjában; a gyürü lassan tömörült s gömbbé alakult, megtartván a központi golyó körül való keringését és saját tengelye körül való forgását.

Igy váltak el a központi vagy chaotikus ködgolyóból egymásután a bolygók, legelőször a legszélső Neptunus, azután az Uranus, Saturnus, Jupiter; utána levált egy újabb gyürü, mely talán sohasem alakult bolygóvá, mert szétroncsolódott valamely katastropha következtében számtalan apró gömböcskévé, melyekből az asteroidok raja keletkezett; az alakulás sorrendjében következett a Mars, utána levált a mi Földünk, végül a Venus és a Naphoz legközelebb álló Merkur, mely tehát a Kant-Laplace elmélet szerint a legfiatalabb bolygó.

Az egyes különvált bolygók egyirányú tengely forgása és keringése az elméletet mindenesetre erősen támogatják; de támogatja még az az analogia is, melyet a Saturnus rendszerében birunk. A Saturnus a maga holdjaival és az aequator síkjában keringő gyürüivel kicsiben elénk állitja azt a folyamatot, mely szerint alakult az óriási chaotikus ködgolyóból az egész bolygórendszer.

Ha a Naprendszerben foglalt égitestek közös eredettel birnak, úgy a gömbökké szétvált anyag mindenütt ugyanaz. Nincs tehát más anyag a Jupiterben, a Saturnusban, a Napban sem, mint az, a melyet a Földön találhatni. Az égitestek szinképvizsgálata ki is deritette, hogy a mineralogiában ismert tömegeket alkotó elemek feltalálhatók a Napban és a többi égitestekben egyaránt. Egyes elemeket, eredetileg csak a Nap szinképében fedeztek fel, s a földi elemek között föltalálni nem tudták; az újabb tökéletesitett eszközökkel azonban kiderült, hogy az az elem, mely eddig csak az égen volt ismeretes, megvan a földi elemek között is. Ilyen a „helium” nevü ritka gáz, melyet a Napot körülburkoló légkör legfelsőbb rétegeiben sikerült fölfedezni a spektrálanalysis segélyével, s most angol chemikusok bebizonyitották, hogy a földi testekben is megvan.

A Földünkre meteoritek alakjában alázuhanó „hullócsillagok” anyagának elemzése hasonló eredményre vezetett. A hullócsillagok is önálló égitestek, melyek nagy rajokban a Nap körül keringenek, s ha pályájukban véletlenül a Föld közelébe érnek, a nagy vonzás következtében reázuhanni kénytelenek. Anyaguk nem áll más elemekből, mint a melyeket a Földön általában ismerünk.

II.

A görögök Homeros és Hesiodos idejében a Földet sík lapnak tekintették, melyet az Okeanos vizei vesznek körül. Aristoteles volt az első, ki gömbalakúnak gondolta a Földet egyrészt azért, mert a Holdfogyatkozások alkalmával a Föld árnyéka köralakú, másrészt pedig, mert azt tapasztalta, hogy ha kissé észak- vagy délfelé távozunk, a fejünk fölött a „zenit”-ben álló csillagok onnan eltávolodnak s mindig más csillagok kerülnek fejünk fölé, a „zenit” pontjába. Ptolomäus és Plinius kiemelte még azt is, hogy tengeren a parthoz közeledő hajóknak először a csúcsait pillantjuk meg.

A Föld alakjának megállapítására az első kísérletet (175 Kr. e.) Eratosthenes tette, ki az egyiptomi Syenében nyár kezdetén a Nap képét látta egy mély kút fenekén; a Nap tehát Syene zenitjében állott. Ugyanekkor Alexandriában a Nap a zenittől a körkerület $^1/_{50}$-ed részével állott távol. Ebből Eratosthenes azt a következtetést vonta, hogy a délkör íve Syene és Alexandria között az egész délkörnek $^1/_{50}$-ed része, s mivel a távolság Syene és Alexandria között 5000 stadion volt, a Föld legnagyobb kerületét 250000 stadionra becsülte.

Eratosthenes első fokmérését a bagdadi kalifák ismételték meg. Al-mamun kalifa idejében két tudós csapat indult ki észak és dél felé, mérőlánczczal kezökben lelkiismeretes pontossággal mérve meg az utat mindaddig, mignem azt tapasztalták, hogy fölöttük a sarkcsillag magassága egy-egy fokkal megváltozott. Az eredmény azonban a Föld egy-egy fokának hosszára nézve ismeretlen maradt az arab hosszmérték bizonytalansága miatt.

A görögök által hirdetett tan a Föld gömbalakjáról a középkorban csaknem teljesen feledésbe ment. A kutató ember csak a XVI. században veszi ujra kezébe a mérőlánczot és rudat, hogy a Föld alakját és méreteit meghatározza.

A tapasztalás azt mutatja, hogy valamely csillag legnagyobb és legkisebb magassága a látóhatár fölött nem egyenlő értékű a Föld minden pontján, hanem nagyobb értékű a tőlünk északra fekvő, s kisebb a tőlünk délebbre fekvő helyeken. Miután pedig két helynek egymástól való távolsága elenyésző csekély a csillagok távolságához képest, a Föld bármely pontjáról a csillag felé irányított látóvonalak egymás között mind párhuzamosak; nyilvánvaló, hogy valamely csillagnak magassága, mely a látóvonal és a horizont által alkotott szöget jelenti, a Föld különböző pontjaira csak akkor lehet más és más értékű, ha a különböző pontokhoz tartozó horizont síkja más és más hajlású, vagy a mi azzal ugyanaz, ha Földünk észak és dél irányában görbülettel bir.

Kimutathatjuk azonban azt is, hogy Földünk a kelet és nyugat irányában is görbült felületű. Ha ugyanis a csillagok kelését és lenyugvását tekintjük, azt fogjuk tapasztalni, hogy a tőlünk keletre és nyugatra eső pontokon a csillagok kelése és lenyugvása nem történik ugyanazon időben, hanem hogy ez a keletre eső pontokon korábban, a nyugatra eső pontokon később áll be.

Pontos csillagászati mérésekből kitünt, hogy a sarkcsillag magassága közel egyenlő értékkel növekszik, ha egyenlő úthosszakkal észak felé haladunk, és hogy valamely csillag kelése és lenyugvása arányos időközökkel előbb áll be, ha nyugatról kelet felé egyenlő úthosszakkal tovább megyünk. A Föld tehát észak és dél, kelet és nyugat irányában majdnem egyformán görbült, s igy közel gömbalakú.

A Föld gömb alakjára azonban másnemű megfigyelésekből is következtethetünk. Magelhaens óta (1519) a Földet ismételten körülutazták, s valamely pontból kiindulván folyton keleti irányban haladva ismét a kiindulás pontjába kerültek vissza; ez útirány nyilván csak önmagába visszatérő görbe vonalat képezhet, mely csak egy gömbalakú testet zárhat körül. Az a

tény - amit a hajósok már igen régóta ismertek, - hogy tengeren a közeledő hajóknak először az árbocz csúcsait pillantjuk meg, a parttól távolodó hajóknál pedig utoljára az árbocz csúcsai tünnek el, arra mutat, hogy a tenger felülete, mely nyilván a Földnek alakjához legpontosabban simult, nem sík felület, de görbülettel bir, tehát gömbfelületü.

A Föld gömbi felületét bizonyítják még a következő jelenségek is: látóhatárunk a Föld minden pontjából köralakot mutat; magas hegyekről, léghajóból a Földre tekintve, a látható Föld-felületre irányított látóvonalak egyenes körkúp alkotóit képezik, alapja az a kör, mely a látóhatár síkjában fekszik. Holdfogyatkozások alkalmával a Föld a Holdra veti árnyékát, s ez a két test bármely helyzeténél mindig köralaku, következik, hogy a Föld minden vetülete köralakú, tehát maga a Föld csak gömbalaku lehet.

Ezen következtetések alapján határozta meg Eratosthenes először a Földgömb legnagyobb körének méreteit.

Miután a háromszög ismeretlen oldalait kiszámíthatjuk, ha ismerjük egy oldalának méretét s a rajta fekvő két szög nagyságát, a hollandi Snellius (1615-1617) ezen „triangulatio"-nak nevezett módszer segélyével a Föld egy-egy fokának meghatározásában már pontosabb eredményeket érhetett el Eratosthenes-nél. Számitásait az ő „Eratosthenes Batavus" cimü munkájában (1617) ismertette.

A triangulatio módszere tehát a következőkből áll: megmérendő valamely lehetőleg sík vidéken az elérhető legnagyobb pontossággal egy távolság, az ugynevezett „alapvonal" (basis); a két végpontjából szögmérő eszközökkel meghatározandó a két szög, melyet az alapvonal egy távol fekvő szilárd ponthoz (torony) irányított látóvonalakkal képez. Ez által a háromszög többi oldalainak méretei kiszámíthatók. Az első kimért háromszöghez hozzácsatolnak uj háromszögeket s az eljárást mindenikre kiterjesztik, mi által nagy területeken át egész háromszög-hálózatot nyernek, melynek minden mérete meghatározható.

Snellius a Föld legnagyobb körének 1°-nyi távolságát 57033 toise-nyi hosszúnak találta, az Eratosthenes-é pedig körülbelül 63000 toise volt. Picard már a távcső alkalmazásával végezte a méréseket Amiens-től Páris-ig s 57057 toise-t talált.

A Picard-féle fokmérést Cassini János és Jakab, de la Hire és Maraldi egész Francziaországon át folytatták s azt a sajátságos dolgot deritették ki, hogy Francziaország északi részén a Föld 1°-nyi távolsága 56960 toise-nyi hosszuságu, a déli részeken pedig 57097 toise-t tesz ki. A váratlan eredmény teljesen ellenkezett a nagynevü Newton által hirdetett elmélettel; az eredményből arra kellett következtetni, hogy a Föld görbülete nem teljesen egyenletes, hogy tehát a Föld maga nem tökéletes gömb.

A franczia fokmérések eredményei azonban más, Newton nézetével ellentétes következtetésekre vezettek. Ha ugyanis délen nagyobb a Föld 1°-nyi távolságának hosszusága, mint északon, akkor a felületre huzott merőlegesek metszéspontja a Föld belsejében mélyebben fekszik a felszin alatt Francziaország déli részén, mint északon: azaz a Föld délen kisebb görbülettel bir, mint északon.

A franczia fokmérésekből tehát azt kellett következtetni, hogy a Föld az aequator vidékén kevésbé görbült, mint a sarkokon, hogy tehát a Föld a sarkokon kidomborodott, s az aequator tájékán behorpadt.

Az angolok rendithetetlen bizalommal ragaszkodtak mesterök véleményéhez, s az ellenkező eredményt, melyet a franczia tudósok méréseiből vezettek le, csak a műveletek hiányos voltának tulajdonitották.

A francziák, kiket most már a nemzeti önérzet és hiúság is sarkalt, 1735-ben uj fokmérésekre szervezkedtek. Bouguer és La Condamine koruk legtökéletesebb csillagászati és geodetikai eszközeivel fölszerelve, hajóra szálltak, hogy Dél-Amerikában a quitó-i fensíkon, tehát az aequator alatt mérjék meg a fok hosszát.

Egy másik tudós csapat a párisi akadémia megbizásából, Maupertuis vezetésével, északra, a lappok földjére ment.

A déli fokmérés a meridián egy-egy fokának hosszát 56734 toise-nyinek találta, a lapp-földi pedig 57437 toise-t állapitott meg. Ez a hir Newton diadalát hirdette, a poláris vidékek tehát gyöngébb görbülettel birnak, a Föld ennélfogva a sarkokon be van horpadva.

A leghiresebb fokmérések egyike az, melyet Francziaországban végeztek az uj hosszegység, a méter megállapitására. A méter hosszuságára abban állapodtak meg, hogy az a meridiánkör negyedének 10 milliomod része legyen.

A franczia fokmérést 1792-98-ig Méchain és Delambre Francziaországon át s azután 1806-1808-ig Biot és Arago Spanyolországon át végezték, s a méter hosszát 443296 párizsi vonalnyinak állapították meg.

Legujabban 1861-ben a Baeyer tábornok kezdeményezésére megindult nagy „európai fokmérés" a kontinens összes államainak bevonásával egész Európán át nagy háromszög-hálózatot létesitett, de még nincs befejezve.

Bessel a koráig ismert legjobb fokmérésekből kiszámította a Föld alakját és nagyságát s a következő eredményekre jutott:

Azon felület, melyet a széltől és hullámtól meg nem zavart tenger felszine képez, midőn rajta sem az ár, sem az apály hatása nem nyilvánul, képzeletben a szilárd kontinenseken keresztül folytatva, adja a Föld igazi alakját, a mit röviden geoidnak neveztek el. (γή, Föld; εἰδής, hasonló). A geoid alakja igen közel áll a sarkoknál belapult forgás ellipsoid-hoz, az ugynevezett sphaeroidhoz, azonban nem ilyen pontos geometriai alak, hanem külömböző bemélyedésekkel és kidudorodásokkal bir.

Bessel szerint a meridián-ellipsis fél nagy tengelye, vagyis az aequator félátmérője (a), a fél kis tengelye, vagyis a polus távolsága a középponttól (b), továbbá a meridián-negyed hossza a polustól az aequatorig (q), és a Föld lapultsága $\frac{a-b}{a} = \acute{a}$ a következő értékekkel bir:

a	=	6.377,397.154	Méter
b	=	6.356,078.962	"
q	=	10.000,855.764	"
α	=	1 : 299.153	"

A Bessel-féle módszer szerint, de már az uj fokmérések adataival végzett számitások más eredményeket adtak, sőt Schubert T. F. megmutatta, hogy az utolsó fokmérések eredményei kielégítenek akkor is, ha a Föld alakját háromtengelyű ellipszoidnek tekintjük.

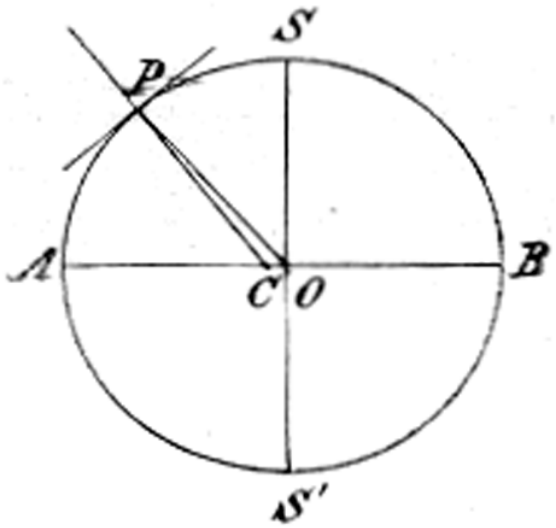
Newton idejében még csak az volt a kutatás tárgya: lapult-e a Föld és mekkora a lapultsága? Ujabban, a mikor a legmegbízhatóbb fokmérések határozottan ráutaltak arra, hogy a Föld nem pontos geometriai alak, s nem szigoruan forgási test, különös fontossággal és érdekkel bir a geoidnak a sphaeroid-tól való egyes helyi eltéréseinek megállapitása.

Ezen nagy feladat megoldására igen alkalmasnak bizonyult a Coulomb-féle mérleg abban a szerkezetében, melyet neki báró Eötvös Loránd, a magyar tud. akadémia elnöke, adott.

Az Eötvös-féle módosított mérleg segítségével a nehézségnek s a Föld alakjának legfinomabb és legrészletesebb vizsgálata válik lehetővé, úgy, hogy az 1900. év telén a befagyott Balaton jegén végzett mérésekből meg lehetett állapitani nemcsak a nehézség fokozatos változását, hanem a nyugvó víz szintjének görbületét is.

A sphaeroid felületén fekvő pontjaiban emelt merőlegesek nem haladnak mind a középponton át, mint a gömbnél. S ha a szög, melyet az ugyanazon meridián-körül fekvő valamely pontban emelt merőleges az aequatoron fekvő pontban emelt merőlegessel képez, a hely „geográfiai szélességének" neveztetik, úgy a szög csúcsa csak az aequatoron és a sarkokon fekvő pontokra nézve van a sphaeroid középpontjában, más pontokra nézve azon kívül esik.

Legyen AS'BS a sphaeroid keresztmetszete egy meridiánja mentén; (1. ábra) SS' a forgási tengely, AB az aequator átmérője. Ha a sphaeroid felületének P pontjához húzott érintő síkra merőlegest emelünk, az nem halad O középponton át, hanem az A pontban emelt merőlegest C pontban metszi. ACP szög a P pont *„földrajzi szélessége,"* ellenben AOP szög, melyet a P ponthoz húzott sugár OP, az aequator sikjával képez, a P pont *„geocentrikus szélessége."* A geographikus és geocentrikus szélesség az aequatoron és a sarkokon egyenlő értékű.



1. ábra

A Föld tömegét és sürüségét nagy pontossággal meghatározták, s kitünt, hogy, ha a tömeg mindenütt egyenletesen volna elosztva és homogén anyagból állanék, a Föld sürüsége 5.59 volna. Egyforma térfogatu edény a Föld homogén anyagával megtöltve 5.59-szer súlyosabb volna tehát, mint a víz.

Miután a Föld anyaga nem homogén s nincs is egyenletesen elosztva s tapasztalás szerint a Föld felső rétegeinek anyaga általában a középnél kisebb fajsulyu, világos, hogy az anyag fajsúlyának a Föld belseje felé növekednie kell, hogy az egésznek sürüsége az 5.59 közép-értéket elérhesse. Valószínünek látszik az is, hogy az egyforma fajsúlylyal biró rétegek egy felületet képeznek, mely az alatta levő rétegeket héj gyanánt körülburkolja.

III.

Az égitestek majdnem valamennyien egymáshoz viszonyítva változatlanul egy helyben maradnak, a horizonthoz viszonyítva azonban helyüket változtatják; az égboltozat nekünk ugy látszik, mintha egy üres golyónak középpontjában állnánk, s a csillagok az üres golyó belső falán volnának megerősítve. Az egész égboltozat a rajta levő csillagokkal együtt a középponton áthaladó tengely körül forogni látszik, s azt tapasztaljuk, hogy a csillagok látóhatárunk egy pontján a sík fölé emelkednek, más pontján ismét a sík alá szállnak.

Az idő, mely alatt az égboltozat ezen körforgása végbemegy mindig ugyanaz s egy *„csillag-nap”*-nak neveztetik. A szilárd tengely, mely körül az égboltozat forogni látszik, a *világ-tengely*; a mozdulatlannak látszó pontok, melyekben a világtengely az égboltozatot éri, az égbolt *sarkpontjai*; közülök az, melyet az északi Földteke lakói láthatnak, az *északi sarkpont*, az ellentett oldalon levő a *déli sarkpont*.

Az égboltnak fejünk fölé eső legmagasabb pontja, melyet a horizont középpontjában emelt merőleges talál, a *zenit-pont*, a legmélyebb pont, melyben a merőleges lefelé meghosszabbítva az égboltot találja, a *nadir-pont.*

A *délkör vagy meridián* a sarkpontokon, valamint a zenit- és nadirpontokon áthaladó és a horizontra merőlegesen álló legnagyobb kör. Minden csillag az égboltozat látszólagos forgása közben egy kört ír le, melynek síkja a világtengelyre merőleges: ezen kör a *párhuzamos-kör* nevét viseli. A sarkpontoktól távolabb álló csillagok párhuzamos-körei nagyobbak; legnagyobb az, mely mind a két sarkponttól egyenlő távolságnyira van, s az egész égboltozatot felezi; ez *aequatornak* vagy *egyenlitőnek* neveztetik.

Minden csillag párhuzamos-köre a meridiánt két pontban metszi; az egyik pontban a csillag az égbolt látszólagos forgása közben a horizont fölött a legnagyobb magasságát éri el, ott *kulminál*, ez a pont a *felső kulminatiós-pontja*; a másik pontban a horizonthoz viszonyitva a legmélyebben áll, s ez az *alsó kulminatiós-pontja.*

Vannak csillagok, melyeknek párhuzamos körei teljesen a horizont fölött állanak, forgásuk közben tehát nem merülnek a horizont alá, hanem a sarkpont körül szemmellátható teljes kört irnak le, ezek a *circumpoláris csillagok*; a sarkoktól távolabb álló csillagok párhuzamos körei részben a horizont fölé, részben a horizont alá esnek, mozgásuk közben a horizont egy pontján kelnek, elérik a felső kulminatiót s egy másik ponton ismét lenyugosznak, hogy a horizont alatt folytassák utjokat. Ezeknél a párhuzamos kör azon része, mely a horizont fölé esik, a csillag *nappali ívének*, azon része pedig, mely a horizont alá esik, a csillag *éjjeli ívének* neveztetik.

Vannak olyan csillagok is, melyek a Föld valamely pontjának horizontja fölé sohasem emelkednek, ott tehát teljesen láthatatlanok, párhuzamos körük egészben a horizont sikja alá esik.

A meridián síkjának metszése a horizont síkjával *délvonalnak* neveztetik; ennek azon végpontját, mely az északi sark felé esik, *északpontnak*, azt, mely a déli sark felé néz, *délpontnak* hivják.

A délvonalra merőlegesen álló átmérő a horizont síkjában a látókört a *kelet-* és *nyugat-*pontjában találja. Ha arczunkkal az északi sarkpont felé (sarkcsillag) fordulunk, a horizont kelet pontja jobb kezünk felé, nyugat-pontja balkezünk felé esik. A nem circumpoláris csillagok mind keleten emelkednek a horizont fölé és nyugaton merülnek a horizont alá.

Miután az égboltozat látszólagos forgása egyenletesen történik, a csillagok nappali ívét, valamint a csillag kelése és lenyugvása közötti időt a kulminatio időpontja felezi. A circumpoláris csillagoknál a felső kulminatiótól az alsóig terjedő idő akkora, mint az alsó kulminatiótól a felsőig terjedő.

Világos továbbá, hogy az északi sarkhoz közelebb fekvő csillagok kelése az észak- és keletpont között, lenyugvása pedig az észak- és nyugatpont között történik. Az aequatoron levő csillagok ellenben pontosan a keletpontban kelnek és a nyugatpontban lenyugszanak; az aequatortól délre fekvő csillagok pedig a kelet- és délpont között kelnek, s a nyugat- és délpont között lenyugszanak.

Az összes jelenségek, melyek az égboltozatnak napkeletről nyugat felé tartó látszólagos forgásával összefüggnek, egyszerübb megoldást nyernek, ha föltételezzük, hogy az égboltozat szilárdan áll, és a Föld forog 24 óra alatt ugyanazon tengely körül az ellenkező irányban, nyugatról kelet felé.

A Föld tengelyforgását egyébként számtalan körülmény bizonyítja.

1. Mindenekelőtt - a fokmérések és ingakisérletek által - ujabban bebizonyitott ténynek tekinthető, hogy Földünk a sarkokon lelapult és az egyenlitőn kidomborodott forgási sphaeroidot alkot. A forgási sphaeroid keletkezése csak mechanikai módon magyarázható, és pedig az által, hogy a Föld lapultságát a tengelyforgásból származtatjuk. A belapulás olyan időben keletkezett, a mikor a Föld anyaga puha, magmaszerü halmazállapotban volt; a gyors tengelyforgás által a tengelytől távolabb fekvő részek a fellépő centrifugális-erő következtében az aequator vidékén kidomborodtak, a sarkokon fekvők pedig a középpont felé tolódtak el, s a gömb a sarkokon belapult.

Mint ismeretes, Newton megforditott okoskodással, a Föld tengelyforgását tételezve fel, annak a belapulására következtetett.

2. Az ellenkező állitást, hogy t. i. a csillagok, forognak körülöttünk, mechanikai és dynamikai okokból képtelenségnek kell tartanunk. Lehetetlen ugyanis, hogy a végtelen távolságokban levő égitestek a Föld körül, mint középpont körül keringjenek 24 óra alatt; az óriási sugárral biró körpályát szédületes sebességgel kellene megfutniok, a mi el sem képzelhető.

3. A Föld tengely-forgását egész bizonyossággal az ingamegfigyelések mutatják ki. Richer, kit a párizsi akadémia 1671-ben Cayenne-be küldött, ingaórát is vitt magával s azt tapasztalta, hogy Cayenne-ben a Párizsban pontosan járó órája naponkint két perczczel késett, s azért meg kellett hosszát $^5/_4$ vonallal röviditeni, hogy helyesen járjon. A lengési idő az aequator felé való közeledéskor tehát meghosszabbodott. A lengési idő változása, mint kimutatták, nem egyezett teljesen a Földsugárnak a fokmérésekből ismert változásával és a vele járó tömegvonzás változással. Kell tehát még egy másik erőnek is léteznie, mely a tömegek vonzásának ellene működik és az inga lengéseit meglassitja. A tömegvonzás csökkenése az aequatoron a vonzás hatásának 1/288 részét teszi.

Ekkor a Föld tengely-forgását feltételezve, kiszámitották a változásokat, melyeket a különböző szélességek alatt a középpont-futó erő a vonzás hatásában létre hoz. A számitás által az aequatorra nézve ugyanazon értéket nyerték, mint a mellyel a tömegvonzás az aequatorra csökken. Ezzel a Föld tengely-forgása be volt bizonyitva.

4. Igen szép bizonyitékot szolgáltatott erre a Foucault ingakisérlete is 1851-ben. A physikából ismeretes ugyanis, hogy az egyensúlyi helyzetéből kimozditott inga lengési síkját megtartja. Ha a Föld az inga alatt elmozdul, akkor az inga lengési síkja látszólag más-más szöget fog képezni az első síkkal, tehát úgy látszik, mintha az inga lengési síkja folyton változnék, pedig a változás oka a Föld tengelyforgása. A Föld polusán szabadon lengő inga lengési síkja 24 óra

alatt látszólag keletről nyugatra haladó irányban teljes kört ir le, mialatt a Föld az inga alatt nyugatról keletre teljes körforgást végez. Az aequatoron a délkör irányában lengő inga lengési síkja mindig a délkör irányában marad, mert az aequatoron az összes délkörök érintői az aequatorra merőlegesek, s érintői egyszersmind az inga pályájának is annak a legmélyebb pontjában.

5. Ha a Föld nyugatról keletre forog egyenletes sebességgel, forgásában minden rajta levő testet magával ragad. A testeknek nyugatról kelet felé irányitott forgása annál nagyobb sebességgel történik, minél nagyobb a forgás tengelyétől való távolságuk. A Föld felszinén nem vesszük észre a forgást, mert a testekkel együtt mi is részt veszünk benne ugyanazon sebességgel. Ha azonban nagy magasságból golyót ejtünk alá, úgy a golyó fent az esés kezdetén nagyobb forgási sebességgel birt nyugot-keleti irányban, mint lent a talaj, mert nagyobb távolságnyira volt a forgás tengelyétől. A golyó megtartja kezdetleges sebességét esés közben is, tehát nyugatról kelet felé siet előre, mig alatta a talaj visszamarad; más szóval a golyó esés közben eltér a függőleges iránytól kelet felé.

IV.

Miután a tapasztalás azt mutatja, hogy a csillagok mind bizonyos meghatározott törvények szerint változtatják helyüket a látszólagos éggömbön, szükségesnek látszik, a csillag helyét minden időben megállapitó módokról gondoskodni.

Valamely csillag helyét a látszólagos éggömbön meghatározott időben kétfélekép jelölhetjük meg: a horizontális és az aequatoriális koordináta-rendszer segélyével.

1. A horizontális koordináta-rendszer alapsíkja a megfigyelési hely horizontja, melynek sarkai a zenit és a nadir. Az égboltozat végtelen távolsága miatt egyre megy, hogy a horizont a megfigyelési helyhez huzott érintő síkot képez-e vagy ezzel párhuzamosan a Föld középpontján halad-e keresztül; az elsőt megkülönböztetésül *természetes*, a másodikat *igazi* horizontnak nevezzük.

Ha a csillagon keresztül a hely horizontjához párhuzamos körsíkot fektetünk, a *horizontális-kört* kapjuk; erre merőlegesen a csillagon, zeniten és nadiron át fektetett kör a *magassági-kör*.

Ezen koordináta-rendszerben a csillag helyét meghatározott időben egyrészt azon szög állapítja meg, melyet a meridián a magassági kör síkjával képez s *azimutnak* neveztetik; másrészt azon ív nagysága, mely a horizont és a horizontális-kör között fekszik a meridián mentén, ez a csillag *magassága* a horizont fölött. A csillag magassága helyett annak a *zenit-távolságát* is vehetjük, mely a magasságot 90°-ra egésziti ki.

Az azimut kezdőpontja a horizont délpontjában van, s nyugaton át észak felé számittatik 0°-tól 360°-ig.

A magasság a horizonttól, a zenittávolság a zennittől jön számitásba és 0°-tól 90°-ig terjed. A csillag valódi magassága azonban a látszólagos magasságától különbözik a levegőnek azon tulajdonsága miatt, hogy a fénysugarakat az egyenes útból eltériti, a mit *refraction*ak nevezünk.

A horizontális rendszer előnye, hogy könnyen alkalmazható az alapsík egyszerüsége miatt; hátránya pedig az, hogy a koordinátái a Föld tengelyforgása miatt folytonosan változnak.

Sikerrel választható tehát utazásoknál és a hajózásban, hol nem birunk szilárd ponton felállitott eszközökkel.

2. A második koordináta-rendszer az aequatoriális-rendszer.

Ha egy éjen át megfigyeljük a csillagok mozgását, látni fogjuk, hogy úgy mozognak, mintha az egész látszólagos éggömb egy tengely körül forognék, mely a Föld forgó-tengelyével azonos. A csillagnak távolságát a tengelytől koordinátának választhatjuk, s ez állandó értékü lesz. Ezen tapasztalás vezetett az aequator koordinátáinak használatára.

Alapsíknak az aequator síkját választjuk. Az aequator síkjára merőlegesen álló körök a tengely két polusán mennek át, a gömbön a legnagyobb körök és *deklinatio*-köröknek neveztetnek. A csillag helyét tehát két adat határozza meg.

Azon szög, melyet a csillag declinatio-köre a meridián síkjával képez, az egyik adat, s *óraszög*-nek neveztetik. A csillagon átvonuló parallel-körnek a declinatio-körön mért távolsága az aequatortól, a másik adat, s röviden *declinatio*nak mondják.

A declinatio ugyanazon csillagnál, ha az helyét nem változtatja az éggömbön, állandóan ugyanakkora; az óraszög ellenben folytonosan változó koordináta. Az óraszöget a meridiántól kelet felé 0°-180°-ig és nyugat felé is 0°-180°-ig számitják s megkülönböztetésül keleti (– előjelü) és nyugati (+ előjelü) óraszögnek mondják. Számitják azonban a meridiántól nyugatfelé egyfolytában 0°-360°-ig is.

S ekkor a délpont óraszöge		0° (360)
a nyugatpont	"	90°
az északpont	"	180°
a keletpont	"	270°

A declinatiot δ-vel jelölik s az aequatortól a polusig számítják 0°-90°-ig; és pedig észak felé +, délfelé – előjellel.

A világtengely hajlásszöge a horizonthoz, tehát a meridián íve az északi polus és az északpont között *sarkmagasság*nak neveztetik; ellenben az aequator legmagasabb pontja és a délpont között fekvő meridián-ív az *aequator-magasság.* A sark-magasság az aequator-magassággal 90°-ot képez.

Mindezeknél fontos a (meridián) délkör meghatározása. A csillag a horizontális-kört kétszer éri, kelésekor és lenyugvásakor; az ívet, melyet e körben leir az égboltozaton, a meridián felezi. Ha tehát valami módon megjelöljük, vagy megmérjük a csillag azon pontját a horizonton, melyben kel és lenyugszik, úgy a nappali ívének felét is, tehát a meridián irányát is meghatározhatjuk. Ha még a csillag kelésének és lenyugvásának időpontját is följegyezzük, akkor a két időpont középértéke adja a csillag kulminatiójának, vagyis felső *delelésének* időpontját.

A sarkmagasságot valamely circumpoláris csillagnak felső és alsó deleléséből állapíthatjuk meg. Ha ugyanis a circumpolaris csillag felső és alsó kulminatiós-pontjának magasságát a horizont fölött megmérjük, s a két adatnak középértékét vesszük, megkapjuk a sarkmagasság értékét.

V.

A levegő, mely a Földet körülburkolja, azon tulajdonsággal bir, hogy a fénysugarakat egyenes vonalu terjedéséből kitériti. A fénysugár ezen eltéritését refraktiónak nevezzük.

A refractio miatt minden csillag a valódi magasságánál magasabban tünik elő nekünk a horizont fölött. Ha ugyanis egy fénysugár-nyaláb érkezik az; athmosphaera külső határához, úgy általában nem folytatja útját egyenes vonalban tovább a levegőn keresztül, hanem görbe vonalu pályán ér szemünkbe; a csillagot azután a görbe pálya utolsó - szemünkből kiinduló - érintője irányában, tehát a valódinál nagyobb magasságban látjuk.

A csillag valódi és látszólagos magassága közötti külömbség adja azon szögtávolságot, mellyel a csillag látszólagos magasságát a refractio miatt kisebbiteni kell.

Az eszközlendő javitások a refractio miatt vagy számitás, vagy megfigyelés által határozhatók meg.

Az optikában kimutatják, hogy a fény törése két közeg határán mindig oly módon történik, hogy a beesési szög (i) sinusa a törési szög (f) sinusával állandó viszonyban áll. A két szög sinusának ezen állandó viszonya (μ) a közegnek *fénytörési együtthatója.* Tehát

$$\sin.i/\sin.f = \mu.$$

Ha a Föld mindenütt homogén athmosphaerával van körülburkolva, melynek magassága a Földsugárhoz képest kicsiny, s törési együtthatója

$$\mu = 1.000204,$$

világos, hogy a beesési szög nagyobbodásával a törési szög is nagyobbodik, mert a két szög sinusának viszonya állandó. Miután az athmosphaera állapota a légnyomástól és a hőmérséklettől függ, úgy a refractio értékének kiszámitásánál figyelembe veendők. Középrefractionak tekintik azt, mely bizonyos légnyomásnál és bizonyos hőmérsékletnél jön létre s igy értéke csak a csillag látszólagos magasságától függ. A közép refractio értéke 750 mm. légnyomás és 10°C mellett 57".717 tesz ki, s a refractio állandójának neveztetik.

A horizonton fellépő erős refractio miatt a csillagokat a horizont fölött látjuk, mikor a valóságban még nem léptek a horizont fölé, vagy már a horizont alá merültek. A refractio miatt tehát a valóságnál előbb látjuk a csillagokat fölkelni s később lenyugodni. A Nap és Holdnál a refractio miatt támadó külömbség átlag 6½ percz, ennyivel hosszabb a nap időszaka a refractio miatt.

A refractio a zenitben álló csillagoknál nulla, a horizonton legnagyobb, átlag 35'; körülbelül 44° látszólagos magasság mellett még 1'.

A levegőnek ezeken kivül még más szerepe is van a csillagászati jelenségeknél.

A fénynek a levegő részecskéin és a benne foglalt vízpárákon és cseppeken történő visszaverődése (reflexio) idézi elő a reggeli és esti szürkületet, azon világosságot, mely a Nap kelését megelőzi, és lenyugvását követi. Ha a Nap a látóhatár alatt van, sugarai a Föld görbültsége következtében valamint a refractio miatt is a levegő magasabb rétegeit még megvilágitják; a fény a levegő részecskéin minden irány felé visszaverődik s a szürkületet hozza létre.

A szürkület időtartamából következtettek arra, hogy a levegő 180 km magasságig ér.

VI.

A Földnek legnagyobb mozgása az, melyet a Nap körül végez. Kepler J. (1571-1630) kimutatta, hogy a Föld pályája a Nap körül a körtől alig eltérő ellipsis, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll. Az ellyptikus pályán a Föld nem mozog egyenletes sebességgel, hanem sebessége a legnagyobb, ha a Naphoz legközelebb áll, vagyis ha a *periheliumban* (t. i. Napközelben) van, sebessége ellenben a legkisebb, ha az *apheliumban* (t. i. Naptávolban) áll. A periheliumot az apheliummal összekötő vonal az ellipsis nagy tengelye s *apsis-vonalnak* neveztetik.

Miután a Föld forgási tengelye nem áll merőlegesen pályájának síkjára, hanem a merőlegestől 23°27'8"-nyire tér el (1900), a perihelium a Földgömb északi felének téli idejére, az aphelium annak nyarára esik, s igy a Föld sebessége ellyptikus pályáján tél idején nagyobb, mint a nyár folyamán. Következik tehát, hogy az északi félgömb meleg időszaka hosszabb ideig tart, mint a hideg évszak; a déli félgömbön megfordítva történik ez.

Az északi félgömbön a tavasz és nyár együttvéve 186 napig 11 óráig tart, az ősz és a tél pedig 178 napig és 19 óráig; s igy a meleg és hideg időszak tartama között a külömbség 7 napot és 16 órát tesz ki.

Az évszakok a Föld külömböző szélességei alatt külömböző természetüek, a mi a Napnak a horizont fölé való kisebb és nagyobb emelkedésétől függ. A Föld tengelyének majdnem $23^1/_2°$-nyi hajlása következtében az aequator síkja is $23^1/_2°$-nyi szöget képez a Földpálya (ekliptika) síkjával. Ezen szög az *ekliptika hajlásszöge*; értéke nem állandó, hanem évről-évre folytonosan változik, bizonyos kicsiny összeggel évről-évre csökken. A változás a Föld tengelyének ingásai miatt áll be s praecessiónak hivják.

A Napot állandóan az ekliptika síkjában látjuk, s azért az ekliptikát helyesebben a Nap pályájának is nevezhetjük. A Föld tengelyének hajlása miatt az ekliptika síkja $23^1/_2°$-nyira az aequator fölé emelkedik és ugyanannyival az aequator síkja alá merül. A Nap tehát az aequator fölé legföljebb $23^1/_2°$-nyi magasságig szállhat föl, s legföljebb $23^1/_2°$-nyira merülhet alá. Az északi félgömbön azon geogr. szélességek alatt fekvő helyek, melyeknek szélessége az ekliptika hajlásszögével egyenlő, a Napot délben a zenitben birják, ha a Nap legnagyobb északi declinatioját elérte, tehát a nyár kezdetén, junius 21-én.

Az ekliptika síkja az aequator síkját egyenes vonalban metszi, mely az ekliptikának két nevezetes pontját köti össze. Az egyik pontban a Nap látszólagos mozgása közben az aequator síkja fölé lép, a másik pontban az aequator alá merül. Az első pontban van a Nap tavasz kezdetén, márczius 21-én; a másodikban ősz kezdetén szeptember 23-án; az első a *tavaszpont,* a második az *őszpont* nevét viseli. A nap ilyenkor pontosan a keletpontban kel és a nyugatpontban lenyugszik; nappali íve tehát akkora, mint azon ív, melyet az éjjen át leír; a nappal egyenlő az éjszakával. A két pontot ezért a *nap-éj egyenlőség* (aequinoktiális pontok) pontjainak is nevezik.

A nap-éjegyenlőség idején a Nap az aequator síkjában áll, az aequatoron fekvő helyek délben a Napot a zenitpontban birják. Márczius 21-e után a Nap az aequatortól észak felé vonul és az északi félgömbön kulminál, junius 21-én éri el legnagyobb declinatioját. Azon parallel-körök északon és délen, melyeknek declinatioja, illetve geográfiai szélessége akkora, mint az ekliptika hajlásszöge, *téritőköröknek* neveztetnek; közülök az északi: a *ráktérítő,* a déli: *baktérítő* nevét viseli.

A Nap tehát junius 21-én éri el a ráktérítőt, azután délre fordul és szeptember 23-án az őszpontba ér; deczember 22-én merül legmélyebben az aequator alá s eléri a baktérítőt, honnan ismét visszafordul, hogy észak felé térjen vissza. A Földnek azon öve, mely a két téritő-kör közé esik, s az aequator által felezve van, a *forró-öv.*

Az ekliptikának két pontja, melyekben a Nap jun. 21-én és decz. 22-én áll, a *solstitiumok* nevét viseli. A nyári-solstitium idején a nappalok, a téli-solstitiumkor az éjjelek a leghosszabbak.

A 66°38'-nyi geogr. szélesség alatt fekvő párhuzamos körön nyári-solstitium idején a Nap teljes 24 órán át a horizont fölött áll, a téli-solstitium idején pedig teljes 24 órán át a horizont alatt tartózkodik. A sarkoktól $23^1/_2$°-nyira távol álló ezen párhuzamos körök: *sarkköröknek* neveztetnek. A sarkoktól a sarkkörökig fekvő öv északon: az észak-sarki zóna, délen: a dél-sarki zóna nevét viseli. A sarkköröktől a téritőkig terjedő öv pedig északi, illetve déli *mérsékelt-övnek* neveztetik.

A sarkokon a horizont köre az aequator síkjával párhuzamos, a Nap tehát mindaddig a horizont fölött áll északon, amig északi declinatioja van; s a déli sark horizontja fölött áll mindaddig, a mig déli declinatioja van. Tehát a sarki horizont alatt marad északon, illetve délen mindaddig, a mig déli, illetve északi declinatioval bir. A sarkokon ennélfogva kerek $^1/_2$ évig nappal van, s ugyanannyi ideig tart az éjszaka.

Ha a nap az aequatoron áll, a sarkoknál éppen a horizont síkjában fekszik, tehát a reggeli és esti szürkületet hozza létre.

Az ekliptika ferdesége hozza létre az évszakokat is. Ismeretes, hogy minél hegyesebb szög alatt esnek a napsugarak valamely felületre, annál gyengébb a világító és melegitő hatásuk. Az északi félgömb a tengely hajlása miatt a Föld periheliuma idején (decz. 22.) kapja hegyesebb szög alatt a Nap sugarait, s (jun. 21.) aphelium idején áll a beesési szög közelebb a merőlegeshez. A déli félgömbre nézve megforditva áll a dolog.

Az északi félgömbön tehát a Nap közelsége daczára decz. 22-én a hideg évszak, s jun. 21-én az aphelium daczára a nyári évszak köszön be.

Az ekliptika ferdesége folytonosan változó mennyiség, s folytonosan csökken; jelenleg minden 100 évben átlag 47"-el fogy. Laplace szerint az ekliptika hajlásszöge nem fog állandóan kisebbedni, hanem periodikus változásoknak van alávetve; a csökkenést növekedés váltja fel úgy, hogy értéke, átlag 1° körül ingadozik. Ezen változásnak következménye, hogy az ekliptika metszéspontja az aequatoron: a tavaszpont állandóan kelet felé nyomul s 26000 év alatt egy teljes körfordulatot tesz.

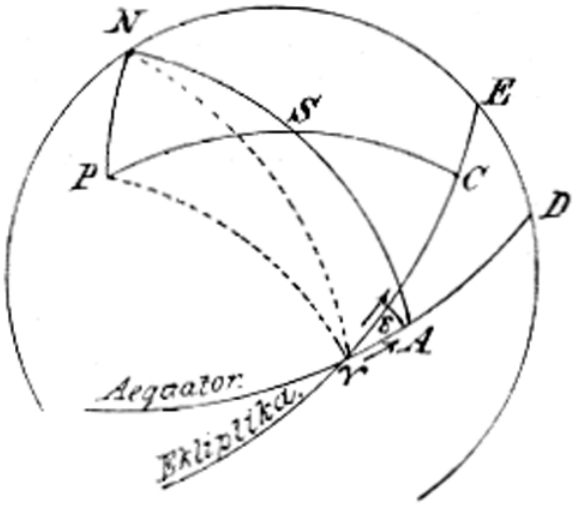
A praecessionak nevezett ingáson kivül a Föld tengelye még a Hold járásával összefüggő ingásnak is van alávetve, mely 19 évi periodushoz van kötve, s a tavaszpontnak, valamint az ekliptika ferdeségének csekélyfoku periodikus változásait idézi elő. Ez a nutáció.

VII.

Az aequatoriális koordináta-rendszernél emlitettük, hogy az óraszög értéke folytonosan változik, a mennyiben a csillagoknak a meridiántól való szögtávolságát jelenti. Állandóbb értékű koordinátát nyerünk, ha a csillag declinatiojának szögtávolságát a tavasz ponttól mérjük; s akkor a tavaszponttól az aequatoron mért ív a declinatio-kör talppontjáig a *rectascensio* nevét viseli és 0°-tól 360°-ig számíttatik nyugatról délen át kelet felé. Valamely csillag rectascensiója tehát a tavaszpont óraszögével egyenlő, kivonva belőle a csillag óraszögét; az óraszög előjele azonban figyelembe veendő.

A 2. ábrában S csillagnak óraszöge AND szög. mely az aequatoron AD ívhez tartozik; a γ tavaszpontnak óraszöge a γD ívhez tartozó szög; S csillag rectascentiója tehát az Aγ ívhez tartozó szög.

γCE az ekliptikának az aequator fölé eső részét jelöli, mely a tavaszpontban az aequatort ε-szög alatt metszi; ez az ekliptika hajlásszöge s 23°27'-el egyenlő. Ha az ekliptika középpontjában a síkjára merőlegest emelünk, s azt mind két irányban meghosszabbitjuk, az égbolton két pontot kapunk, melyek, az ekliptika sarkpontjai. Közülök az északi sark P az ábrában is látható.



2. ábra

Az ekliptika egy uj koordináta-rendszer alapjául szolgál, melynek segélyével a csillag helye meghatározható. Ugyanis mindazon legnagyobb körök, melyek az ekliptika két sarkpontján haladnak át, az ekliptikát merőlegesen találják és *hosszusági*-köröknek neveztetnek.

A csillagon átvonuló hosszusági kör talppontjának távolságát a tavasz-ponttól a csillag *hosszuságának* mondják és λ-val jelölik; ez az egyik koordináta. A hosszusági körnek az ekliptika és a csillag közötti részét, vagyis a csillagon át az ekliptikával párhuzamosan haladó kör távolságát az ekliptikától, a csillag *szélességének* nevezik s β-val jelölik meg; ez a második koordináta.

A 2. ábrában γC a csillag hosszuságát, SC a szélességét jelenti. A hosszuságot a tavasz-pontból a Nap mozgása értelmében kelettől délen át számítják 0°-tól 360°-ig, úgy, hogy ha a tavasz-pont éppen keleten van.

a tavaszpont hosszusága	λ	=	0°	vagy 360°
a délpont	"	λ	=	90°
a nyugatpont	"	λ	=	180°
az északpont	"	λ	=	270°

A szélességet mint a declinatiot a sarkok felé számítják és pedig: az ekliptikától észak felé (+) és dél felé (–) 0°-tól 90°-ig. Tehát az ekliptika síkjában β = 0°, az ekliptika északi sarkán β = + 90°, déli sarkán β = – 90°.

A régiek az ekliptikát 12 részre osztották föl s a szomszédos csillagképek neveivel jelölték meg. Igy támadt az ekliptikának az *állatöv* neve alatt ismeretes beosztása. A Nap látszólagos mozgásában az ekliptikán halad és egymásután az állatöv más-más csillagképében áll. A tavaszpontból kiindulva a Nap egymásután a kos, bika, ikrek, rák, oroszlán, szűz, mérleg, scorpio, nyilas, bak, vizöntő és halak csillagképébe lép; mindegyik 30-30°-nyi területet foglal el. Az állatöv csillagképeit hexameterbe foglalták, mely igy hangzik:

Sunt aries, taurus, gemini, cancer, leo, virgo,
Libraque, scorpio, arcitenens, caper, amphora, pisces.

A kosban fekvő tavaszpontnak két egymásra következő kulminátiója között egy *csillagnap* telik le. Ugyanannyi idő telik le mialatt az égbolt látszólag a világtengely körül egyszer megfordul. Csillagnap alatt tehát azt az időt értjük, mely bármely álló csillagnak két egymásra következő kulminátiója között telik le. A csillagnapot 24 órára osztják s a számitást abban a pillanatban kezdik, mikor a tavaszpont a geogr. hely délkörén vonul át; ez a pillanat 0^h csillag idő szerint. Tehát 1^h, 2^h, 3^h,… 24^h telik le csillagidő szerint, ha a tavaszpont óraszöge 15°, 30°, 45°,… 360°-ot tesz ki.

A polgári életben nem a csillagidő szerint járunk el. A Nap ugyanis márczius 21-én a tavaszpontban áll s azzal együtt egyszerre kulminál, tehát 0^h csillagidőben delel; $^1/_2$ év mulva azonban, szeptember 23-án a Nap már a mérleg jegyébe lép s csak 12^h csillag-időben delel. Ha tehát a csillagidőt alkalmaznák a polgári életben, évközben a Nap delelésekor egyszer 0^h, majd 1^h, 2^h,... 24^h volna csillagidő szerint.

A sok félreértés elkerülése végett a Nap járása szolgál a polgári időbeosztás alapjául.

A Nap két delelése között lefolyt idő a valódi Nap-idő, mely a Nap felső delelésekor veszi kezdetét s a Nap óraszögével egyenlő. A valódi Nap-idő 0^h a Nap delelésekor, tehát a valódi délben, 12^h a valódi éjfélkor, 21^h délelőtt 9 órakor.

A Nap látszólagos mozgását a többi csillagokhoz képest nyugatról kelet felé végzi, tehát delelésében napról-napra elkésik, miáltal a valódi Nap-idő hosszabb a csillag-időnél. Ezen külömbség, a napi elkésés, nem állandó s azért a valódi Nap-idő nem egyenlő hosszú. Minthogy azonban a Föld a Nap körül 1 év alatt 360°-ot ír le, a Napnak összes késései egy esztendő alatt 1 teljes csillagnapot tesznek ki, innen van, hogy csillagnap eggyel több van egy esztendőben, mint Nap-idő szerint.

366.2422 csillagnap = 365.2422 nap valódi Napidő szerint.

A nap delelésében naponként történő késés s igy a valódi Nap-idő hossza, külömböző lévén, óráink járását nem irányíthatjuk a Nap-idő változásai szerint.

Időmérő óráink irányítására tehát megalkották az úgynevezett *közép Nap-időt*, mely egy képzelt Napnak az égbolton való egyenletes mozgása által van meghatározva. A képzelt Nap egy bizonyos helyen egyszerre indul a valódi Nappal s egyenletes késéssel - retardatio - egy év mulva vele ugyan e helyen találkozik.

A képzelt Nap naponkénti késése annyi mint az álló csillagok accelerátiója, tehát

$$\frac{360^\circ}{365.2422} = 0^\circ 9856 = 3^m 56^s 56$$

Az eltérés, mely a valódi Nap-idő és a közép Nap-idő között van, időegyenletnek neveztetik, és pedig a közép Nap-idő = valódi Nap idő + időegyenlet.

A közép idő négyszer a valódi idővel esik össze, április 15-én, junius 14-én, augusztus 31-én és deczember 24-én, amikor is az időegyenlet nulla.

A valódi Nap-időt, illetve a közép Nap-időt azon pillanatban kezdjük el számítani, melyben a valódi Nap vagy a képzelt Nap az észlelési hely délkörén megy keresztül. A Föld gömbalakjánál és tengelyforgásánál fogva a Föld egyes pontjainak más-más délkör felel meg s igy a Nap-idő más-más időben veszi kezdetét; egy szóval minden észlelési helynek más-más idő felel meg, minden meridiánnak megvan a maga ideje. Ezen időket helyi időknek nevezzük.

A helyi idők egymástól a két-két meridián között levő szög által külömböznek, ha a szög-külömbséget időmértékben fejezzük ki. A helyi idők külömbsége tehát a két hely földrajzi hosszuság-külömbsége.

A közlekedésben a helyi idők külömbsége zavarólag hat, s azért egy állam területén levő összes helyek óráikat egy középpont idejéhez mérték. Az internacionális közlekedésben szükségessé vált nagyobb területeken az órák járását szabályozni, s igy a helyi időket teljesen eltörölték, s úgynevezett *zóna-időt* hoztak be. Az egész Föld gömb 24 zónára van beosztva, egy-egy zóna 15°-nyira fekszik a másiktól, tehát óráik állása 1-1 órában tér el egymástól. Minden zóna keretén belül az órák állása azon meridián idejéhez alkalmazkodik, mely a zónát felezi. Az első zóna meridiánja a greenwichi csillagvizsgálón megy át, tehát Greenwich helyi ideje az első zóna zónaidejét adja. A második zóna meridiánja a Pomeraniában fekvő Stargardon megy át; ennek zóna-ideje 1^h-val több, mint a greenwichi. Minden következő zónában kelet felé 1-1^h-val több a zónaidő, mint a greenwichi-idő.

A második zóna ideje a közép európai zóna-idő.

MÁSODIK FEJEZET.
A Naprendszer. Bolygók és holdak.

I.

A csillagok helyüket az égboltozaton észrevehetőleg általában nem változtatják s azért állócsillagoknak neveztetnek; van azonban egy néhány csillag, melyeknek erős saját mozgásuk van s helyüket feltünően változtatják: ezek a bolygók és a holdjaik.

Szabad szemmel ötöt láthatunk közülök. Fényük nyugodtabb, nem annyira pislogó, mint az állócsillagoké. Helyüket az égboltozaton már aránylag rövid idő alatt megváltoztatják, az állócsillagok között tovább mozdulnak el. Szabad szemmel látható: a Merkur, Venus, Mars, Jupiter és Saturnus; csak távcsővel: az Uranus és a Neptunus. A Föld a bolygók sorában a Naptól való távolságra nézve a harmadik, Venus és Mars között foglal helyet. A 8 bolygó együttvéve a nagy bolygók csoportját képezi. A Mars és a Jupiter pályái között azonban még számtalan kicsiny bolygó kering a Nap körül, melyek közül jelenleg (1900. okt. 31.) 463 ismeretes s aszteroidáknak neveztetnek. Az aszteroidák közül legnagyobb a Vesta, 6-od rendü csillaghoz hasonló, s átmérője 60 geogr. mértföldnél nem nagyobb. Számuk a photographiának a csillagászatban való alkalmazása által újabb fölfedezések következtében napról-napra növekszik.

A nagy és kicsiny bolygók mind a Nap körül keringenek s kevés kivétellel az ekliptika síkjában végzik pályafutásukat, 10°-on túl nem emelkednek föléje s igy általában az állatöv keretén belül maradnak. A Naphoz való tartozásuk miatt *Naprendszert* alkotnak.

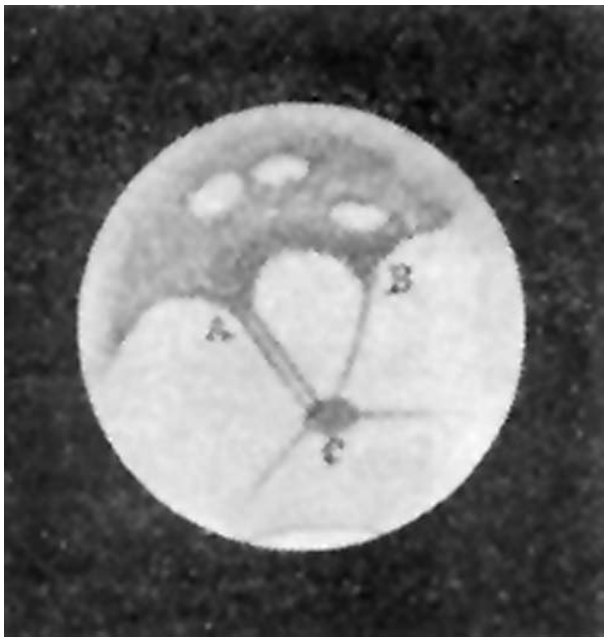
3. ábra. Venus sarló alakban.

4. ábra. Venus negyedben.

Ha valamely bolygót hosszabb időn át megfigyeljük s látszólagos mozgását az égboltozaton egy csillagtérképen följegyezzük, sajátságos hurkokat alkotó pályát nyerünk, melyen ugyan nagyobbrészt direct mozgásban nyugatról keletfelé keringenek, de azután mozgásuk lassúbb lesz, majd megállanak s visszafelé indulnak keletről nyugatfelé, hogy egy idő mulva ujból direct mozgásban folytassák útjokat.

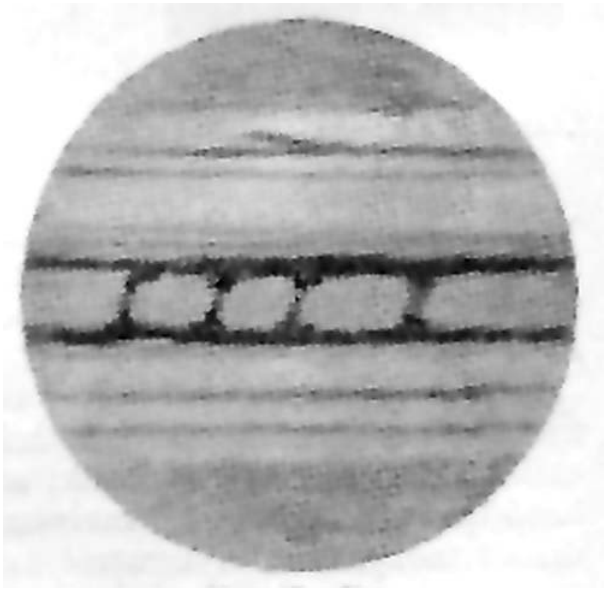
Látszólagos mozgásukat tekintve külömbséget kell tenni a felső és alsó bolygók között; Földünk pályáját határul véve Merkur és Venus az alsó, Mars, az aszteroidák, Jupiter, Saturnus, Uranus és Neptunus a felső-bolygók csoportjába tartozik. A felső bolygók külömböző időkben az éj minden órájában és a Naphoz képest külömböző állásban figyelhetők, addig az

alsók soha sem távoznak messze a Naptól, hanem csak a Nap kelte előtt és nyugta után közvetlenül válnak láthatókká s csak mint hajnal-, illetve alkonycsillagok szerepelnek. A Nap egyik oldaláról a másikra való átmenetelkor a Nappal konjunctióba lépnek; és pedig azon átmenetelkor, midőn a bolygó reggeli csillag kezd lenni, tehát mikor a bolygó a Nap és a Föld közé kerül, vagyis a Nappal együtt áll, van az alsó konjunctiója; a másik a felső konjunctio. A két konjunctio között éri el a bolygó a Naptól való legnagyobb kitérését, a keleti és nyugati legnagyobb digressiót. A *digresszo* és az alsó konjunctió között éri el a bolygó a legnagyobb fényességét.



5. ábra. Mars csatornái.

A felső bolygók a Naphoz viszonyitva mindenféle állásban lehetnek, vele vagy együtt állanak, vagy szemben, tehát vagy *konjunctióban* vagy *oppositióban* vannak; konjunctióban a hosszuságuk egyenlő, oppositióban 180°-kal, quadratura idején 90° vagy 270°-kal külömbözik. Az együttállás pillanatában láthatatlanok, a szembenállás idején egész éjen át észlelhetők, s látszólagos átmérőjük is a legnagyobb.



6. ábra. Jupiter.

Azon idő, mely az alsó bolygóknál két alsó konjunctio, vagy két keleti legnagyobb digressio között, a felső bolygóknál két oppositió között telik le mialatt tehát a bolygó ismét ugyanolyan állásba kerül a Naphoz, a bolygó *szynodikus keringési* ideje. A syn. keringési idő nem mindig egyforma, s a bolygó és a Föld egyenlőtlen sebességétől függ. Jupiter számára a syn. keringési idő 399, Saturnusnál 378, Uranusnál 367 nap.

A látszólagos bolygópályák az ugynevezett epicikloist alkotják, mely akkor keletkezik, ha a görbe vonalat leiró pont egy kör kerületén mozog, mialatt az epiciklois középpontja egy másik kör, az alapkör kerületén ugyanazon irányban s ugyanoly sebességgel forog.

A rendszer, melyet Ptolomaeus (130. Kr. u.) „Almagest"-jében irt le, az epicyklusos mozgások alapján áll. Szerinte a Föld van az Universum középpontjában, körülötte epicikloison excentrikus körben kering a Hold. Azután következik a Merkur, a Venus; utána egyszerű excentrikus körben kering a Nap. S tovább kifelé jön a Mars, Jupiter, Saturnus; mindenik egy epicikloison kering, melynek átmérője egy évben legalább egy fordulatot tesz s középpontja egy excentrikus körön egyenlő, de más-más bolygónál különböző sebességgel gördül tovább.

Az egész bolygórendszert az állócsillagok sphaerája vette körül.

A számitás menete ezzel természetesen rendkivül bonyolódottá vált, ami azután Coppernicust „De revolutionibus orbium coelestium libri sex" czimü munkájában a bolygórendszer heliocentrumos reformjára vezette.

Eszerint a bolygórendszer középpontja a Nap, mely körül valamennyi bolygó, köztük a Föld is, ugyanazon irányban, nyugatról keletfelé kering köralaku pályákban, melyeknek síkja az ekliptika síkjától csak kevéssé eltérő. A Mercur és Venus pályáit a Föld pályája zárja körül, az utóbbiét pedig a többi bolygó pályája burkolja be.

A Föld tehát maga is bolygó. A Mercur és Venus az alsó-, a többi, a Földtől kifelé állók a felsőbolygók nevét viselik.

A synodikus keringési idők egyenetlenségeinek magyarázatául Coppernicus a bolygók pályáit excentrikus köröknek tekintette s megtartotta Ptolomaeus epicyklusait is, bár csekélyebb számban. Ezekkel csak Kepler János szakított végképp a bolygók mozgását megállapitó három törvényében, melynek két elseje az 1609-ben megjelent „Astronomia nova"-ban, harmadika az 1618-ban kiadott „Harmonices mundi libri"-ben foglaltatik.

Kepler a dán Tycho de Brahe Mars-megfigyeléseiből először a Föld-pályának egy megközelitő kiszámitását végezte, ennek segélyével számitotta ki a Mars pontos pályáját, s egy ellipsist kapott. Nemsokára sikerült a többi bolygónál is az ellipsis-pályát kimutatni s ezt azután merész induktióval az egész bolygórendszerre kiterjesztette. A híres Keplerféle három törvény igy szól:

1. A bolygók ellipsisekben keringenek, melyeknek egyik gyújtópontjában áll a Nap.

2. A radius vektor (a bolygót a Nappal összekötő egyenes) által súrolt felületek az idővel arányosak.

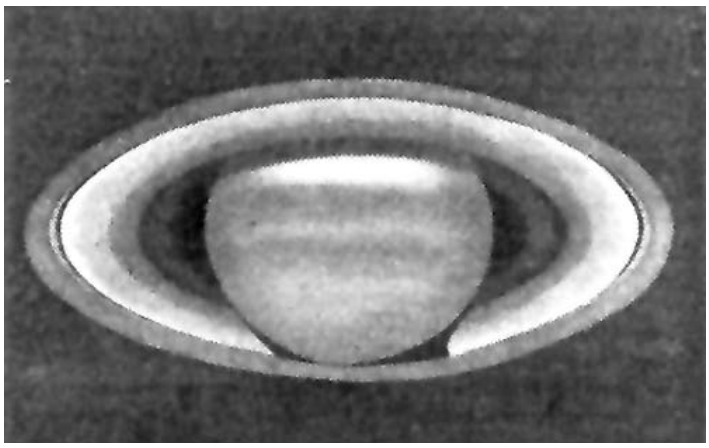
3. A bolygók keringési idejének négyzetei úgy aránylanak, mint a Naptól mért középtávolságok köbei.

A második törvényből következik, hogy a bolygó sebessége legnagyobb a *Napközelben* (perihelium), legkisebb a *Naptávolban* (aphelium), mert az első esetben az ellipsis sector magassága kicsiny, tehát az alapnak kell nagyobbnak lennie, hogy területe akkora legyen, mint a második esetben.

7. ábra. Saturnus gyürü-rendszere.

A pálya meghatározásához szükséges az ellipsis fél nagy tengelyét ismerni, vagy az aphelium és perihelium pontoktól való távolságok középértékét és a pálya excentricitását.

Valamely pálya mentén a bolygó helyét megállapithatjuk bármely megjelölt időpontban, ha ismerjük helyét valamely meghatározott időben (epocha), s tudjuk *közép napi mozgását* vagy *siderikus keringési idejét.* A közép napi mozgása alatt azon ívet értjük, melyet a bolygó naponta leírna mozgása közben, mialatt az anomália, azaz a szög, melyet a Naptól a perihelium-hoz húzott rádiusz vektor a Naptól a bolygóhoz húzott rádiusz vektorral képez, egyenletesen növekszik.



8. ábra. Görbült árnyék Saturnus gyürüin.

A sziderikus keringési idő alatt a bolygó a Naptól tekintve ismét ugyanazon heliocentrikus hosszusággal bir.

A pálya fekvését a pályasíkjának hajlása az ekliptikához határozza meg. Miután pedig a bolygó pályája az ekliptikával szöget zár be s metszik egymást, ismerni kell a metszés azon pontját is, melyben a bolygó az ekliptika síkja fölé emelkedik; ez a *felszálló csomópont.* A pálya fekvésének meghatározásához szükséges tehát a pálya hajlásszögén kívül a felszálló csomópont heliocentrikus hosszuságának az ismerete is.

A pálya helyzetét saját síkjában a perihelium heliocentrikus hosszusága állapítja meg.

A bolygó helyét a maga pályájában ezek után 6 adat, úgynevezett *„bolygó-elem”* határozza meg, t. i. a bolygó hosszusága bizonyos epochalis időben, a felszálló csomópont hosszusága, a perihelium hosszusága, a pálya hajlásszöge, a közép Naptávolság és a pálya excentricitása, azaz a pálya gyújtópontjai közötti távolság viszonya a nagy tengelyhez. Ezek évről-évre, az idővel járó változásokkal együtt az astronomiai évkönyvekben (pl. Naut. Almanach, Berliner Astr. Jahrb.) megtalálhatók.

A bolygó pályáját, tehát alakját és fekvését számitás útján meghatározhatjuk, ha a bolygónak legalább három, egymástól lehetőleg távoleső helyét a pályán megfigyeltük. A felszálló csomópont helyzetét is megfigyelés által állapíthatjuk meg, ha megfigyeljük az időt és a bolygó hosszuságát akkor, amikor az ekliptika síkjába ér délről észak felé tartó mozgása közben.

A pályameghatározás régi módszere használhatatlannak bizonyult a bolygók azon uj csoportjánál, melynek felfedezése a XIX-dik század történelméhez tartozik; a kis-bolygókat, az úgynevezett asteroidokat értjük itten.

A Mars és Jupiter között fennálló nagy távolság miatt már régen arra a gondolatra jöttek, hogy ott egy ismeretlen bolygónak kell léteznie. Még jobban megerősítette a gyanut a Titius-féle törvény, melyet a bolygók közép Naptávolságaira nézve találtak; ha ugyanis ezen számsorban 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192 stb. minden taghoz 4-et adunk, akkor a Mercur, Venus, Föld, Mars, Jupiter, Saturnus és Uranus közép Naptávolságai úgy aránylanak egymáshoz, mint 4:7:10:16:52:100:196. A Mars és Jupiter között marad egy hézag oly bolygó számára, melynek közép Naptávolsága az arány szerint 28 volna.

A kutatás ily bolygó után nem is maradt jutalmazatlanul, mert 1801. évi január 1-én Piazzi, Palermóban föl is fedezett egy 8-ad rangú kicsiny csillagot a bika csillagképében, melynek gyors mozgása volt, s valóban bolygónak is bizonyult. Ez volt az első asteroida, a Ceres. Piazzi maga hat hétig kisérte figyelemmel, amikor a kedvezőtlen időjárás, majd Piazzi megbetegedése végét vetette az észleléseknek. Később a bolygó a Napnak közel volta miatt nem volt észlelhető, csak ősszel lehetett megint a hajnali órákban keresgélni.

Pályájának pontos meghatározása a pár heti megfigyelésből a számitásnak uj feladatot adott, melyet Gauss lángelméje tudott csak megoldani. A Ceres Naptól való középtávolságát a Titius-féle törvénnyel teljesen megegyezően 27.7-nek találták, vagyis hosszegységül a Földnek a naptól való távolságát véve, távolsága 2.77-nek bizonyult.

A Ceres pontos pályáját ismerve, 1802. január 1-én ujból megtalálták s az igen kicsiny, szabad szemmel alig látható bolygó oly jól illett a planéták sorában ismert hézagba, hogy senki sem gondolt további fölfedezésekre.

Azonban 1802. márczius 28-án Olbers egy második aszteroidát talált, melyet Pallasnak nevezett el; majd Harding Göttingában 1804. szeptember 1-én fölfedezi a Junót s Olbers 1807. márczius 29-én, már nem is egészen véletlenül, a Vestát.

Ezek mind a Mars és a Jupiter között vannak, az ismert hézagot tehát nem egy, hanem több bolygó tölti ki. A század közepéig nem ismertek többet a felsorolt négy bolygónál, mig 1845-ben Hencke a drieseni postamester, az ötödiket, az Astraeát találja meg. Azóta évről-évre szaporodik az asteroidák száma, úgy hogy napjainkban (1900. okt. 31.) 463-at ismerünk. Ezen kicsiny égitestek fölfedezése a pontos csillagtérképek szerkesztése, de még inkább a fotográfia alkalmazása által könnyíttetett meg. Ha ugyanis a csillagászati távcső okulár-végére fotográfiai kamrát alkalmazunk s a távcsövet az égbolt mozgása irányában, a Föld tengely-forgásával ellentétben egyenletes sebességgel tovább mozgatjuk, az érzékeny lemezen több órai kinntartás után az állócsillagok pontalakú nyomot hagynak, ellenben mindazon égitestek, melyeknek erősebb saját mozgásuk van, egész sor pontalakú nyomot, tehát egész fényvonalat jelölnek ki.

A kis bolygókat nagy számuk miatt újabban csak a fölfedezésnél nyert sorszámuk szerint nevezik el úgy, hogy a számot kicsiny körbe foglalják. Az eddig kiszámított pályák közül a (279) számú bolygó pályája ér a Jupiterhez a legközelebb és a (323) számú bolygóé a Marshoz.

Az ekliptikához legnagyobb hajlásszöge van a Pallasnak (2), legkisebb a Massalia (20) bolygó pályájának a hajlásszöge; az előbbié 34°41’3, az utóbbié csak 0°41’2.

Nagyobb feltünést keltett az 1898. évi augusztus 13-án felfedezett (433) számú aszteroida, mely az Eros nevet nyerte. Pályájának fél-nagytengelye ugyanis 0.064 csillagászati egységgel kisebb, mint a Mars középtávolsága a Naptól; a nagy excentricitás miatt azonban még az aszteroidák gyürüjébe nyúlik. Az Eros pályája tehát részben a Mars pályáján innen van s ez okból kérdés támadt, vajon hát a Mars is az aszteroidák csoportjába veendő-e föl?

Mindenesetre az Eros fölfedezése által tágult a gyürü, melyet az aszteroidák raja képez a Nap körül.

Az Uranus bolygó pályaeltéréseiből a csillagászok már régebben is az Uranuson túl keringő uj bolygót gyanitottak. A Bouvard által 1821-ben kiszámított tabellák már néhány év mulva nem egyeztek az Uranus bolygó valódi mozgásával. Bessel 1823-ban az eltéréseket kivülről jövő erőből származó háborgásoknak tulajdonitotta s rámutatott arra, hogy az Uranuson túl kell egy bolygónak lennie, mely a szomszédos Uranus pályáját háborgatja.

Leverrier megvizsgálta az Uranus pályaeltéréseit s azzal a feltevéssel, hogy az ismeretlen bolygó, mely azokat előidézi, a Naptól két-akkora távolságban kering, mint Uranus s pályája az ekliptika síkjában van, kiszámitotta pálya-elemeit s valószinű helyét 1847-ben.

E számitás alapján találta meg Galle Berlinben 1847. szept. 23-án az ismeretlen bolygót alig 1°-nyi távolságban az előre kiszámitott helyétől. Az uj bolygó, mely az emberi észnek és a számitó astronomiának örök diadalát hirdeti, a Neptunus nevet kapta.

A bolygók csoportositása a régóta szokásos beosztás szerint kétféleképen történhetik. Ha Földünk pályáját határul vesszük, akkor Mercur és Venus az alsó, Mars, a kis bolygók, Jupiter, Saturnus, Uranus és Neptunus a felső bolygók csoportjába sorolható. Fölvehetünk azonban három csoportot is: a belső csoport bolygói, melyhez a Mercur, a Venus, a Föld és a Mars tartozik, különösen abban különböznek a külső csoporthoz tartozó bolygóktól, hogy csak középnagyságuak, aránylag sürü anyaguak, lapultságuk kicsiny és holdakban szegények. A középső csoporthoz tartoznak az asteroidák a Mars és Jupiter között. Mind igen kicsinyek, pályájuk a nagy bolygók pályájához képest igen excentrumos és az ekliptikához erősen hajlott.

A külső csoportban vannak: a Jupiter, a Saturnus, az Uranus és a Neptunus. Jellemző tulajdonságaik a belső bolygók tulajdonságaitól nagyon elütők; ugyanis igen nagy égitestek, lapultságuk is tetemes, anyaguk sürüsége azonban csekély, tengelyforgásuk igen gyors és Neptunust kivéve, holdakban gazdagok. Mig ugyanis a belső csoportnál a Földnek egy, a Marsnak 2 holdja van, addig a külső bolygók közül Jupiternek 5, Saturnusnak 9, Uranusnak 4 és Neptunusnak 1 holdja van.

A 38. lapon a bolygórendszer számbeli adatait foglaljuk össze s megjegyzendő, hogy a Naptól mért középtávolság mértékegysége a Földpálya félátmérője.

II.

Valamennyi égitest közül legközelebb esik hozzánk a mi Holdunk. Távolsága középértékben 385,080 km. Résztvesz a Földnek a Nap körül való keringésében s a Földet is körülfutja. Mig a Földhöz viszonyítva a többi bolygó módjára ellipsist ir le, addig pályája a Nap körül hullámvonalos, hurok nélkül.

A Hold pályája az ekliptikához 5°8’40”-nyi szöglettel hajlik, a forgási tengelye pedig az ekliptikával 88°28’-nyi szöget képez; a tengely hajlása a pályához változó, 83°13’-83°31’ között változik. Az ekliptikát tehát két pontban metszi, melyek egymástól 180°-nyi hosszu-

ságban külömböznek; ezek a Holdpálya csomópontjai. A *felszálló csomópont* az (ω), melyben a Hold az ekliptika déli oldaláról az északira lép, a másik a *leszálló csomópont* (ώ).

A bolygó neve és jegye	Siderikus keringési idő napokban	Közép Naptávolság	Pálya excentru-mosság	Pályahajlás	Aequator átmérő Km-ben	Tengelyforgási idő		Sürüség
I. Belső bolygók						Óra	percz	
Mercur	87.97	0.38710	0.20560	7° 0'.1	4800	88	nap	4.5
Venus	224.70	0.72333	0.00684	3°23'.6	12100	224	nap	4.5
Föld	365.26	1.00000	0.01677	-	12754.75	23	56	5.59
Mars	686.98	1-52369	0.09326	1°51'.0	6770	24	37	4.0
II. Külső bolygók								
Jupiter	4332.58	5.20280	0.04825	1°18'.7	141300	9	55	1.4
Saturnus	10759.22	9.53886	0.05607	2°29'.6	118800	10	16	0.7
Uranus	30688.51	19.18336	0.04636	0°46'.3	50000	-	-	1.1
Neptunus	60181.11	30.05674	0.00850	1°47'.0	62000	-	-	1.7

A Hold mozgása a Nap és a többi bolygó vonzása s háborgásai miatt nem követi a Kepler-féle törvények szerint előirt utat, hanem ettől tetemesen eltér. A vonzásokból eredő háborgatások a *Hold-egyenlőtlenségek* neve alatt ismeretesek s számuk végtelen nagy. Vannak köztük olyanok, melyek rövid időn belül ismétlődnek s olyanok, melyek csak hosszú idők multán változnak.

A Hold egyenlőtlenségek közül az ugynevezett „középponti egyenlités"-t már Hipparchos is ismerte; ez a Holdnak a körmozgástól való eltérését jelenti, s azon külömbséget adja, mely a valódi s egy oly ideális Holdnak a helyei között fennáll, mely pályáján a közép sebességgel egyenletesen mozog tovább. Egy másik eltérés az „evectio," mely abból áll, hogy a Hold lassabban mozog Telehold és Ujhold idején, mint a negyedekben. Egy harmadik eltérés a „variatio," mely abban nyilvánul, hogy a Hold az egyes negyedek fél közében, az oktansokban gyorsul. Ilyen eltérés még az „évi egyenlités" is, mely abban áll, hogy a Hold lassabban mozog a Föld periheliuma (jan. 1.), mint apheliuma (júl. 2, 3) körül. Az eltérés tehát a Napnak a Földtől való távolságától függ s ezért Hansen, Stone és Newcomb ezen Hold egyenlőtlenség értékéből a Napnak a távolságát az úgynevezett „Nap-parallaxis"-t határozták meg s 8"838-nak találták, a mi a más módon talált s általánosan elfogadott értékével jól egyezik.

A Földnek a gömbalaktól való eltérése idézi elő a Holdnak hosszusági és szélességi változásait; ezeknek megfigyeléséből tehát visszafelé a Földnek a gömbalaktól való eltéréseire vonhatunk következtetést. A csillagász tehát a Hold megfigyelése által a Föld alakját tanulmányozhatja, s megállapíthatja lapultságát. Ilynemű megfigyelésekből Helmert a Föld lapultságát 1/297.8-nak, Faye pedig 1/292.6-nak találta; az értékek a fokmérések alapján nyert értékekkel összehangzanak.

A Hold úgy, mint a Nap, az égbolt látszólagos napi mozgásával ellenkező irányban 0°56'-el halad visszafelé óránkint s igy a Hold két felső kulminatiója között $24^h\ 50^m\ 28^s$ telik el (közép idő), ez egy Hold-napot tesz ki.

Ahhoz, hogy valamely csillag declinatio-körén kétszer egymásután áthaladjon a Hold, 27 napra $7^h\ 43^m\ 11^s$-ra van szüksége, ez a Hold siderikus keringési ideje, egy siderikus hónap.

A tavaszpont hosszusági-körén kétszer egymásután 27 nap $7^h\ 48^m\ 4^s$ alatt halad át; ez a Hold tropikus hónapja, mely a precessió miatt 7^s-al rövidebb a siderikus hónapjánál. A perigeum (Földközel) pontjába kétszer egymásután 27 nap $13^h\ 18^m\ 13^s$ alatt jut; ez a Hold anomalistikus hónapja. (Anomáliás-hónap.)

A Nap-pal ugyanazon hosszuság alatt csak minden 29 nap 12^h 44^m 3^s mulva található; ezen keringési idő a Hold synodikus hónapját adja.

Azon idő, mely alatt a Hold pályájának ugyanazon csomópontjába ér, a drakonikus hónap vagy sárkányhónap nevét nyerte, s hossza 27 nap 5^h 5^m 39^s.

A Hold földkörüli futásának legfeltünőbb jelensége az alakváltozás, más és más fázisokat mutat. A változás egy synodikus hónap, 29 nap 12^h 44^m 3^s alatt ismétlődik, miután a Hold, a Föld és a Nap ugyanazon viszonyos helyzetbe visszakerül.

Ha a Hold a Nappal együttállásban van, vele együtt delel, akkor felénk a sötét oldalát mutatja, tehát ránk nézve láthatatlan, ilyenkor *Ujhold* van.

A Napnál gyorsabb keleti mozgásánál fogva csakhamar a Nap keleti oldalán pillantjuk meg, s korongjának a Nap felé forditott oldalán keskeny fénylő sarló mutatkozik, mely napról-napra jobban nő. Ujhold után 7-ed napra korongjának negyede látszik és D-hez hasonló alaku (decrescens-crescens). Ez az *első negyed,* ekkor 90°-ra áll a Naptól, vele quadraturában van. A Hold napról-napra tovább telik s 7 napra az első negyed után teljes kivilágitott korongját forditja felénk. Ekkor szembenáll (oppositio) a Nappal, tőle 180°-ra áll. Ez a fázis a *Telehold* nevet viseli.

A Telehold után a korong nyugati oldalán fogyni kezd, folyton kisebbedik, fogyó Holdunk van; 7 nap mulva a Hold bal fele még teljes, jobb fele egészen elfogyott; ilyenkor *utolsó negyed* van s a Naptól 270°-nyira áll, ujra quadraturában van vele. A sarló ezután mindinkább kisebbedik, C-hez hasonló alakot vesz fel (crescens-decrescens) s további 7 nap mulva teljesen eltünik, ujból Ujhold ideje van.

A keresztény naptárban a husvéti ünnepek a Hold járásához vannak kötve. A niceai zsinat (325-ben) határozata szerint a husvét mindig azon vasárnapon tartatik meg, a mely a tavaszi napéjegyen után eső Telehold idejére következik; ha pedig a zsidók paszkája is e napra esnék, akkor a reá következő vasárnapon. A tavaszi napéjegyen után eső Telehold a 19 évi Holdcyklus szerint ismétlődik s minden 19 évben ugyanazon keletü napra esik. Ha tehát egy cyklusban ismerjük a husvéti beosztást és a Telehold idejét, minden következő cyklusra kiszámithatjuk azt. A Krisztus születése előtti év a Holdcyklus első éve s igy ha az évszámhoz egyet hozzáadunk s az összeget 19-el elosztjuk, a maradék, az úgynevezett *„aranyszám”* mutatja, hogy a folyó év hányadik a cyklusban.

9. ábra. Részlet a Holdból: Longiomontanus.

A Hold felületének vizsgálatából kitünt, hogy mindig ugyanazon oldalát forditja felénk, s mi a Holdnak csak egyik felét ismerjük, a másik fele előttünk teljesen ismeretlen, mert sohasem láthatjuk. Ennek az a magyarázata, hogy a Hold azalatt, mig a Földet egyszer megkerüli, tengelye körül is egyszer megfordul. A Hold tengelye, mint fenntebb kiemeltük már, a Holdpálya síkjára majdnem merőlegesen áll s önmagához állandóan párhuzamos marad.

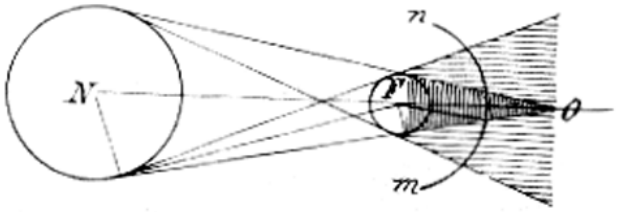
A Holdon egy csillagnap egy siderikus hónappal egyenlő.

III.

Ha valamely égitest és a Föld közé egy harmadik égitest kerül azokkal egy vonalba, vagy az egyiknek árnyéka a másiknak felületére esik, fogyatkozás támad, az egyik égitestnek részletes vagy teljes eltünése. Teleholdkor a Föld jő a Nap és Hold közé, tehát a Föld árnyéka a Holdat elfedi, s Holdfogyatkozás támad; Ujhold idején a Hold árnyéka a Föld egyes részeitől vonja el a Napfényt, s Napfogyatkozás keletkezik.

A 10. ábrában mn a Holdpálya egy része. A Naptól (N) megvilágitott Föld (F) árnyékot vet, mely a Föld mögött kúpalakban terjed tovább. A főárnyékkúp hossza a Nap és Föld átmérőjének viszonyától függ és a két test távolságából meghatározható. A kúp hossza középértékben 215 Földsugár hosszával egyenlő. A főárnyékkúpot csonka kúp alakjában a mellékárnyék veszi körül abban a térben, a melybe a Nap sugarai csak részben hatolhatnak be. A mellékárnyék fokozatosan megy át a főárnyékba.

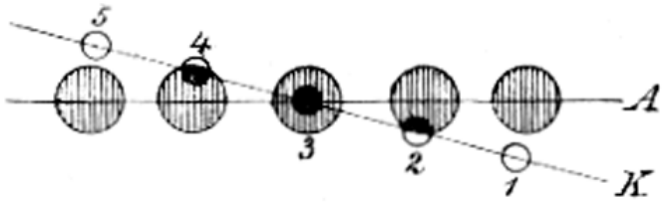
A Hold, mely átlag 60 Földsugár távolságnyira kering a Föld körül, fogyatkozást szenved, valahányszor Telehold idején elég közel van a Föld pályasíkjához. A Holdfogyatkozás *teljes* vagy *részleges,* aszerint, amint a Hold az árnyékkúpba teljesen vagy csak részben, merül.



10. ábra.

A Holdfogyatkozás kezdetét veszi, midőn az árnyékkúp és a Hold középpontjainak távolsága a körkúp és a Hold sugarainak összegével egyenlő azon a ponton a hol érintkeznek. Teljes a Holdfogyatkozás addig, a mig a középpontok távolsága akkora vagy kisebb, mint a körkúp és a Hold sugarainak külömbsége. A Holdfogyatkozás véget ér, mihelyt a középpontok távolsága nagyobb, mint a sugarak összege.

Nem minden Teleholdkor van egyuttal Holdfogyatkozás is, mert a Hold pályájának síkja nem esik össze a Föld pályájával. A Holdfogyatkozás tehát a Holdnak a csomópont körül való állásától függ, mint az 11. ábrából kiviláglik. Miután a Föld árnyékkúpjának átmérője a Hold távolságában 47', a Holdnak átmérője pedig 17', világos, hogy teljes Holdfogyatkozás, csak akkor állhat be, ha a Holdnak a csomóponttól való távolsága 47' - 17' = 30'-nál kisebb; részleges Holdfogyatkozás már akkor áll be, ha a távolság 47' + 17' = 64'-nél kisebb. Az 1 és 5 helyzetben a Holdfogyatkozás nem lehetséges, 2 és 4 helyzetben a Holdfogyatkozás részleges, a 3 helyzetben, amidőn a Hold teljesen a Föld árnyékkúpjába hatol, a Holdfogyatkozás teljes.



11. ábra.

A Holdfogyatkozás nagyságát vagy az átmérő törtrészeiben fejezik ki, vagy hüvelykek szerint mérik; az utóbbi esetben a Holdkorong egész átmérőjét 12 hüvelykre osztják és a bemerülés nagyságát a sötét résznek az egészhez való viszonyszámával fejezik ki.

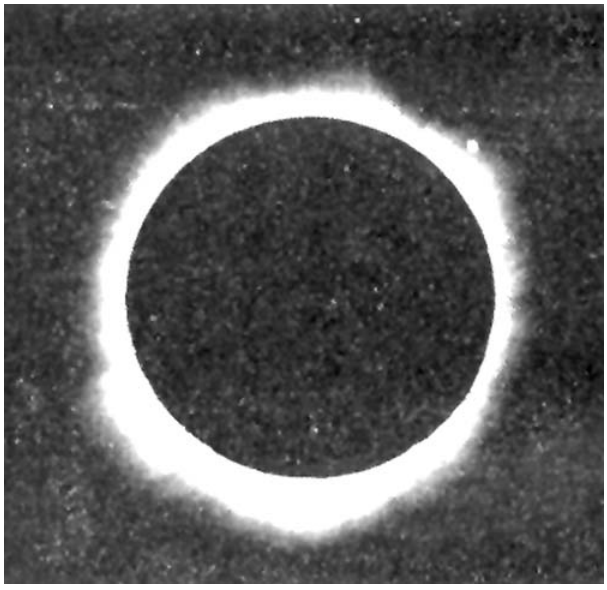
Teljes Holdfogyatkozáskor a Hold korongja nem válik teljesen láthatatlanná, hanem vöröses vagy barnás fényben jelentkezik; ezen tünemény a Napsugaraknak a Föld légkörében végbe menő töréséből származik.

A Holdfogyatkozásoknál a Föld felfogja a Nap fényét s ez által a Hold fényét tényleg kioltja; innen van, hogy a Holdfogyatkozás egyszerre látható a Föld mindazon helyein, melyeken a Hold a fogyatkozás pillanatában a hely horizontja fölött áll.

A Holdfogyatkozások bizonyos idő leteltével ugyanazon sorrendben ismétlődnek; a periodus 6585 napra terjed, a juliáni naptár szerint 18 év 11 napot tesz ki, a görögök ezt Saros-nak nevezték. A perioduson belül 29 Holdfogyatkozás fordulhat elő.

Ha a Hold együttállásban (konjunctió) vagyis Ujholdkor annyira közel áll a Föld-pálya síkjához, hogy a Föld bizonyos pontjaira nézve részben vagy egészben elfödi a Napot, *Napfogyatkozás* támad.

Miután a Hold pályája a Föld pályájával 5° 8’ 40”-nyi szöget képez, a Nappal csak abban az esetben kerülhetnek egy vonalba, ha a Hold a pálya csomópontjába ér. Napfogyatkozás tehát csak akkor lehetséges, ha a Hold a csomópontban, vagy legalább annak közelében áll.



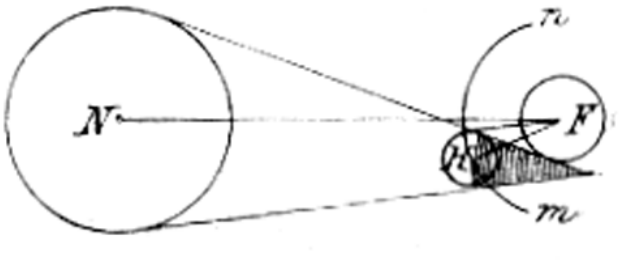
12. ábra. Teljes Napfogyatkozás 1893. ápr. 16-án.

Ha Ujhold idején a Hold a Naphoz annyira közeledik, hogy a két korong középpontjainak látszólagos távolsága kisebb, mint a két sugár összege, a Hold vagy részben vagy egészben elfödi a Napot; az esetben, ha a Hold látszólagos átmérője nagyobb mint a Nap-é, a Nap

teljesen láthatatlanná válik; ellenben, ha a Hold átmérője kisebb mint a Nap-é, a Hold nem takarja el teljesen a Napot, hanem a Nap korongjából a Hold körül egy fényes gyürü, marad.

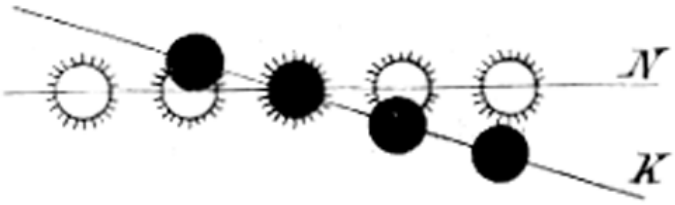
A Napfogyatkozás tehát *részleges, teljes* vagy *gyürüs.*

Ha a Hold mögött fekvő félárnyék kúpja a Földet éri, mindazokon a helyeken részleges Napfogyatkozás van, melyeken át az árnyékkúp a Földet súrolja. Ha a főárnyék kúpja végig vonul a Föld valamely vidékén, az egész útvonal mentén teljes vagy gyürüs Napfogyatkozást idéz elő. A 13. ábrában látjuk a három égitest helyzetét egy Napfogyatkozás alkalmával. N a Nap, F a Föld, H a Hold, mely mn pályán kering. A fogyatkozás *középponti,* ha a három, test középpontjai egyenes vonalba esnek.



13. ábra.

A Hold fő- és mellékárnyékának kúpja a Föld távolságában kisebb átmérővel bir, mint a Föld, a Napfogyatkozás tehát nem látható mindenütt ott, hol a Nap a fogyatkozás pillanatában a horizont fölött áll; a Föld felületének legföljebb 220-km széles szalagja mentén vonul át a Hold árnyéka, ezeken a helyeken tehát a fogyatkozás teljes (v. gyürüs) és a szalag hosszában fekvő egyenes vonal mentén még középponti (centrális) is. A teljes Holdfogyatkozás zónáján túl mindkét felől fekvő helyekre nézve a fogyatkozás csak részleges.



14. ábra.

A Hold árnyéka keletről nyugat felé vonul át a Földön, keleten tehát előbb látják a fogyatkozást, mint nyugaton. Miután a Hold mozgását ismerjük, pontosan kiszámíthatjuk az időt, melyben a Napfogyatkozás valamely geogr. helyen kezdődik és véget ér.

A 14. ábrából látható, hogy Napfogyatkozás csak akkor lehetséges, ha a Nap és a Hold a pálya metszéspontjában, a csomópontban vannak; a tünemény 6585 nap = 223 synodikus hónap alatt ismétlődik, a Napfogyatkozások tehát ezen perioduson belül ugyanazon sorrendben és nagyságban, de mindig más-más geogr. helyekre nézve fordulnak elő, s 41-szer lehetségesek.

Egy és ugyanazon geogr. helyre nézve a Napfogyatkozások gyakorisági értéke 3-szor kisebb, mint a Holdfogyatkozások-é. Teljes v. gyürüs Napfogyatkozás egy és ugyanazon helyen átlag csak 200 évenkint látható. A fogyatkozás nagyságát hüvelykekben fejezik ki, a korong átmérőjét 12 hüvelykre osztják.

IV.

A Földet kisérő Holdon kívül más bolygóknak is vannak kísérőik, holdjaik; ezeket trabantoknak, satellitáknak is szokás nevezni. A Mars körül két satellita kering: a Phobos és a Deimos. Mindakettőt Hall A. fedezte fel 1877-ben Washingtonban. Jupiternek 5 holdja van, melyek a bolygótól való távolság szerint sorban I-IV-ig számoztatnak. Az V-ik holdját csak 1892 óta ismerjük s a bolygóhoz a legközelebb áll: Barnard fedezte fel Kaliforniában. Az első négyet Galilei látta először 1610-ben. Saturnusnak 8 holdja van, melyek a bolygótól való távolságuk szerint sorban igy következnek: Mimas, Encaladus, Thetis, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Japetus. Ujabban egy 9-ik holdról is beszéltek, de fölfedezése még bizonytalan. Uranus körül 4 hold kering: Ariel, Umbriel, Titania és Oberon. Neptunusnak 1 holdja van, mely névtelen maradt.

A Jupiter 4 első holdját közönséges színházi távcsővel is kivehetjük. Mozgásuk a bolygó körül olyan, mint az alsó bolygóké a Nap körül. A Földről megfigyelhetjük a bolygóval való együtt állásukat, a konjunctiókat, amikor is a Jupiter előtt vonulnak el s Napfogyatkozást idéznek elő a Jupiteren. Ilyenkor az elvonuló holdak ez árnyéka a Jupiter felületére esik, s távcsöveinkkel követhetjük a Jupiter fényes korongján végig haladó árnyék-kör mozgását. Megfigyelhetjük a szemben állásokat, oppositiókat, mialatt ugyanis a holdak a Jupiter mögé lépnek, s általa elfödetnek. Ezek a holdfogyatkozások a Jupiteren.

A holdfogyatkozások megfigyeléséből fedezte föl Römer Olaf dán csillagász a fény terjedési sebességét 1675-ben. Römer ugyanis tapasztalta, hogy a holdak elsötétedése a Jupiter korongja által 16 percznyi késést szenved akkor, ha Jupiter a Földtől legtávolabb áll. A fénynek tehát 16 percznyi időre van szüksége, mig a Földpálya átmérőjét futja át; ebből következtette Römer, hogy a fény másodperczenkint 300000 km-nyi utat tesz meg.

A három első hold minden körülkeringése alkalmával fogyatkozást is szenved, a negyedik csak akkor, ha pályája a Jupiter pályasíkjával nem képez nagy hajlásszöget. A fogyatkozás tartama is annál nagyobb, minél kisebb a hold-pálya hajlása a Jupiter pályájához, mert annál közelebb megy át a hold a Jupiter által vetett árnyék-kúp tengelye mellett. A fogyatkozások ezáltal módot nyújtanak arra, hogy a holdak pályáinak hajlásszögét s igy a Jupiter pályájával képezett csomópontok helyzetét meghatározhassuk.

A megfigyelések kimutatták, hogy a holdak pályái ellipsisek, melyeknek egyik gyújtópontjában a Jupiter áll. A radius-vectorok egyenlő időben egyenlő területet surolnak és hogy a holdak keringési ideinek négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a Jupitertől mért középtávolságok köbei. A Jupiterholdak mozgásában tehát a Kepler-féle három törvény uj igazolását nyerte s ezzel bizonyosságuk többé kétséget nem szenved.

A Jupiter V-dik holdja, miután a bolygóhoz legközelebb áll, ugyanazon fázisokon megy át, mint a négy másik. Kicsinysége miatt csak a legnagyobb távcsövekben látható, a bolygótól való csekély távolsága miatt pedig pályájának elemei állandóan változnak.

A Saturnus holdjait nem egyszerre fedezték fel. Titant 1655-ben Huyghens látta először, Japetust, Rheát, Dionét és Thetist Cassini fedezte fel 1671-1684 között; Mimast és Enceladust Herschell látta 1789-ben, Hiperiont pedig csak 1848-ban fedezte fel Bond.

Pályáik, Hyperion pályája kivételével, majdnem köralakuak; a hajlásszögek is majdnem egyenlők valamennyinél, Japetus kivételével. A csomópontok, tehát a pályák metszése a Saturnus pályájával, is összeesnek egymással.

A Saturnust holdjain kívül még egy gyürü-rendszer veszi körül. A gyürük egymástól úgynevezett „hasadékok” által vannak elválasztva, s szabadon lebegnek a bolygó körül. Három főgyürüt különböztetünk meg: a legszélsőbb A, a középső B, a legbelsőbb C betűvel jelöltetett meg. A és B között van a széles Cassini-féle hasadék, fölfedezőjéről nevezve igy. A gyürük a Saturnus aequatorának a síkjában feküsznek, a bolygó körül s vele együtt a Nap körül keringenek.

Az Uranus holdjai pályáik hajlása s mozgásuk iránya tekintetében a többi bolygó holdjaitól teljesen eltérők. Pályájuk síkja ugyanis az ekliptika síkjára majdnem merőlegesen áll s mozgásuk nem történik nyugatról kelet felé, mint a többi bolygóké és holdaké általában, tehát mozgásuk nem direct, hanem ellenkező irányú, retrográd. A négy hold pályáinak síkjai közel ugyanazon síkba esnek, csomópontjaik egymáshoz közel vannak, s pályájuk excentricitása csekély.

A holdak neve	Középtávolság a főbolygótól a főbolygó sugarában kifejezve	Siderikus keringési idő			
		nap	óra	percz	m-percz
Föld: Hold	60.273	27	7	43	11
Mars: 1. Phobos	2.771	-	7	39	-
2. Deimos	6.921	1	6	18	-
Jupiter: V.	2.5	-	11	57	-
I.	6.049	1	18	27	30
II.	9.623	3	13	13	42
III.	15.350	7	3	42	30
IV.	26.998	16	16	32	12
Saturnus:					
1. Mimas	3.35	-	22	37	-
2. Enceladus	4.30	1	8	53	-
3. Thetis	5.28	1	21	18	-
4. Dióné	6.82	2	17	41	-
5. Rhea	9.52	4	12	25	-
6. Titanus	22.08	15	22	41	-
7. Hyperion	26.78	21	6	49	-
8. Japetus	64.36	79	7	54	-
Uranus:					
1. Ariel	7.134	2	12	29	-
2. Umbriel	9.138	4	3	28	-
3. Titania	16.301	8	16	56	-
4. Oberon	21.797	13	11	7	-
Neptunus holdja	14.54	5	21	4	-

V.

Az égitestek mozgásának okát a régiek is sejtették. Már az eklektikusok iskolájából való Simplicius is tanitotta, hogy a lefelé irányitott erőt vagyis a testek saját nehézségét a keringésből származó erő (középpontfutó erő) tartja egyensúlyban s okozza azt, hogy az égitestek nem hullanak alá. Philiponus, Ammonius Hermaeus tanitványa, az égitestek mozgását egy első lökésnek és az esésre inditó erőnek tulajdonitotta.

Copernicus az általános nehézkedést, a gravitációt ismerte s ezen emlékezetes szavakkal fejezte ki: gravitatem non aliud esse quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant, in formam globi coëuntes.

Kepler volt az első, a ki „Astronomia nova" czimű művének bevezető részében az égitestek általános vonzásának számbeli értékét megállapította; amint az a Föld és a Hold kölcsönös vonzásában tömegeik aránya szerint nyilvánul.

A bolygók- és holdjaiknak helyváltozása ugyanazon törvények szerint megy végbe, mint a Földön a testek mozgása. A mozgás három főtörvénye a következő:

1. *Minden test nyugvó állapotában vagy egyenletes sebességű, egyenes vonalu mozgásában megmarad mindaddig, mig valamely kivülről ható erő állapotának megváltoztatására nem indítja.* Ezen nagyfontosságú elvet a hagyomány a „tehetetlenség elvének" nevezi s a tapasztalás lépten-nyomon bizonyítja helyességét. A nyugvó test külső ok nélkül meg nem indul, önmagával tehetetlen s ha csupán a test egyik részét éri valamely külső oknak a hatása, akkor a megtámadt rész mozgásnak indul, a test többi része pedig nyugalomban marad, mert a hatás nem terjed el azonnal a többi részecskékre is.

A mozgás első törvénye a test nyugvó állapotának vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásának a változását, szóval a sebességváltozást, valamely külső ok hatásának tulajdonítja, mely máshonnan, más testből vagy testekből indul ki s ameddig a hatás tart, mindaddig sebességváltozást okoz.

A physikában a sebesség változásának okát „erő"-nek nevezzük s bár az erő fogalmának bevezetésével a sebességváltozás okát továbbra is homály burkolja, mégis oly kifejezést nyertünk vele, melynek segítségével számtalan, különben hosszadalmas és nehézkes tételt célszerűen megrövidíthetünk.

Ha az erő a testre bizonyos véges időközben szakadatlanul hat, nem ugrásszerű, hanem folytonos sebességváltozást idéz elő. A sebességváltozás mértékéül a sebességnek az időegységre eső változását, azaz a „gyorsulást" tekintjük; a testek tehát az erők hatása alatt gyorsulást nyernek. Minél nagyobb ugyanazon körülmények között a gyorsulás, annál nagyobb a működő erő. Az erő kétszer, háromszor akkora, ha kétszer, háromszor akkora tömegű testeknél ugyanakkora sebességváltozást idéz elő. Az oly erőket, melyek ugyanakkora tömegű testeknek ugyanakkora gyorsulást kölcsönöznek, *egyenlőknek* hivjuk.

A mozgás második törvénye az erő és a gyorsulás közötti összefüggést igy fejezi ki:

2. *A gyorsulás arányos az erővel s iránya megegyezik az erő irányával.* Ha valamely test p állandó erőtől a állandó a állandó gyorsulást nyer, akkor a mozgás második törvénye szerint $p : a = \frac{p}{a}$ hányados a gyorsulás egységét előidéző erő állandó szám, melyet ha m-mel jelölünk, akkor $p = m \cdot a$.

Az m állandót, mely az egyes testeket az erő hatására való tekintettel egymástól megkülönbözteti, a test tömegének (massa) nevezzük. A test tömege mindaddig állandó, mig a test anyagmennyisége nem változik, azaz mig a test anyagából nem veszit, vagy a mig a testhez uj anyag nem járul. Ha bizonyos tömegü vízmennyiség megfagy, gőzzé változik, vagy kémiai elemeire, oxygeniumra és hydrogeniumra felbomlik, akkor megváltozik térfogata, halmazállapota, sőt az utóbbi esetben anyagszerkezete is, a tömege azonban ugyanannyi marad.

A mozgás első törvénye alapján a testre ható erőnek a kiinduló pontját idegen testbe helyeztük át, székhelyét más testben kerestük. Ha azonban az egyik testet az erő székhelyévé választjuk s azt bizonyos hatásképességgel ruházzuk föl, akkor a hatásképességet bármely másik testtől

sem tagadhatjuk meg. S a tapasztalás tényleg igazolja is, hogy a természetben nincs egyoldalu hatás, hanem a testek mind kölcsönösen hatnak egymásra. A *természet összes erőhatásai kölcsönös hatások.*

Az utóbbi elvet, melyet Newton a mozgás harmadik törvényének nevez, igy fejezhetjük ki:

3. *A hatással mindig ellenkező irányu s egyenlő nagyságu az ellenhatás, vagyis két testnek egymásra való hatása mindig egyenlő nagyságú és ellenkező irányu.*

Ha valamely m tömegü anyagi pontra egyszerre két erő hat külömböző irányokban, akkor mindegyik bizonyos gyorsulást kölcsönöz az anyagi pontnak; az anyagi pont ez esetben oly mozgást végez, mintha egyetlen egy erő mozgatná, melynek iránya és nagysága megegyezik a két erő által képezett parallelogramm átlójának irányával és nagyságával. Ezen tételt az erők parallelogrammája tételének nevezzük.

Miután a bolygók görbevonalu pályákon keringenek, kell, hogy egy állandóan ható erő őket az egyenes vonalú pályából állandóan kitéritse. Az erő, mely ezen állandó kitéritést eszközli, ugyanazon erő, mellyel a Föld a testeket függőlegesen lefelé huzza s a melyet a testek súlyának nevezünk. Egyik bolygó a másikat maga felé húzza s valósággal magához rántaná, egyik bolygó a másikra esnék, ha még egy erő nem volna, mely a testeket az első erő irányából ki nem téritené.

A bolygók mozgása Newton szerint az általános nehézkedés, az ugynevezett „gravitatió" törvényének hódol, mely egyuttal a világ bármely két tömegpontjának a kölcsönös hatását is meghatározza. Newton törvénye igy szól:

Az erő, mellyel a Nap a pályájukban tovább haladó bolygókat vonzza, a bolygótól a Nap középpontja felé irányul, továbbá a Nap és a bolygó tömegeivel egyenes, a Nap és a bolygó egymástól való távolságának a négyzetével pedig forditott arányban van.

A törvény értelmében a testek vonzó ereje a tömegekkel egyenesen arányos s vonzást gyakorol nemcsak a Nap a körülötte keringő bolygókra, hanem a bolygók is a Napra s a rendszer bármely két tagja egymásra. A nagyobb bolygók természetesen hatalmasabb erővel huzzák a kisebb tömegű bolygókat maguk felé, mint megforditva, s ezek a vonzásnak engedni kénytelenek. Pályájuk tehát nem lesz szigoru pontossággal görbült ellipsis, hanem attól többékevésbé eltérnek s folytonosan változó görbe vonalban keringenek, mely a változó körülmények folytán előálló egyensulyi helyzetnek legjobban megfelel.

A bolygók pontosan véve, nem a Nap középpontja körül keringenek, mely pályájuk gyujtópontjában székel, hanem a Nap és a bolygó a kölcsönös vonzás következtében, egy közös súlypont körül végzik pályafutásukat. A közös súlypont a Nap tetemesen túlnyomó tömege miatt közel fekszik ugyan a Nap geometriai középpontjához, bár azzal teljesen nem fedik egymást.

Laplace „Méchanique céleste" czimü munkájában kimutatta, hogy a kölcsönös háborgások következtében az összes bolygók pályaelemei folytonos lassu változásoknak vannak alávetve s csak a közép Naptávolságok és a Kepler-féle harmadik törvénynek megfelelően, a sziderikus keringési idők maradnak érintetlenül. Megváltozik a bolygók pályáinak excentricitása és hajlásszöge, elmozdul a csomópontokat összekötő egyenes és a periheliumot s apheliumot összekötő vonal is. Laplace fölfedezéseiből kitünik, hogy az összes háborgások bizonyos időközökben ide-oda ingadoznak, tehát periodikus természetűek, s igy az egy irányban tartó folytonos megnövekedése a háborgó hatásoknak ki van zárva.

Két bolygó egymásra gyakorolt vonzásának összehasonlitásából azoknak tömegét állapithatjuk meg a Newton törvénye értelmében. A két vonzás összehasonlitásából, melyet a Föld gyakorol a Holdra és a Nap a Földre, számitották ki a Föld tömegének viszonyát a Napéhoz.

Ugyanoly módon állapitható meg a Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus és Neptunus tömege a Nap tömegéhez viszonyitva.

Az erő a gyorsulással arányos s igy a Nap az m tömegű bolygót $p = C_1 \frac{m}{d^2}$ erővel vonzza, ha t. i. d a bolygónak a Naptól való távolsága és C, az az erő, mellyel a Nap a tömegegységet a távolság egységéből vonzza. A mozgás harmadik törvénye szerint a bolygónak a Napra való vonzó hatása szintén akkora, mint p, mert a hatás akkora, mint az ellenhatás. Ha tehát a Nap tömege M s a bolygó a tömegegységet a távolság egységéből C_2 erővel vonzza, akkor: $C_1 \frac{m}{d^2} = C_2 \frac{m}{d^2}$ vagyis $C_1 : C_2 = M : m$, azaz a Napnak és a bolygónak a távolság egységéből a tömegegységre kifejtett hatásai akkora arányt alkotnak, a mekkora a Nap és a bolygó tömegének az aránya.

A tömegek arányából kiszámithatjuk a bolygók anyagának a sürüségét, a mennyiben az utóbbi a tömegekkel egyenesen, s a térfogatokkal forditva arányos.

A Föld sürüségének meghatározására Maskelyne, Cavendish, Baily, Reich, Airy, Jolly, Wilsing, Eötvös, különböző módszereket alkalmaztak s középértékben 5.59-szer akkorának találták, mint a viz sürüsége.

Maskelyne a XVIII. század második felében a Földnek valamely testre (függő ón) kifejtett vonzását összehasonlitja a perthshirei Schehallien nevü hegynek ugyanarra a testre kifejtett vonzásával. Cavendish a torsio mérleggel végez kísérleteket. Mások ismét a Föld felszine felett nagy magasságban s alatta nagy mélységben lengő ingák lengés idejének külömbségét figyelik meg, mialatt megmért súlyú tömegek hatásának tétetnek ki. Az Eötvös L. báró által módositott Coulomb-féle mérleg a Föld sürüségének meghatározásában is a legpontosabb adatokat fogja nyujtani. A többi bolygók sürüségének összehasonlitását lásd a 38. lapon foglalt táblázatban.

HARMADIK FEJEZET.
Üstökösök és hullócsillagok.

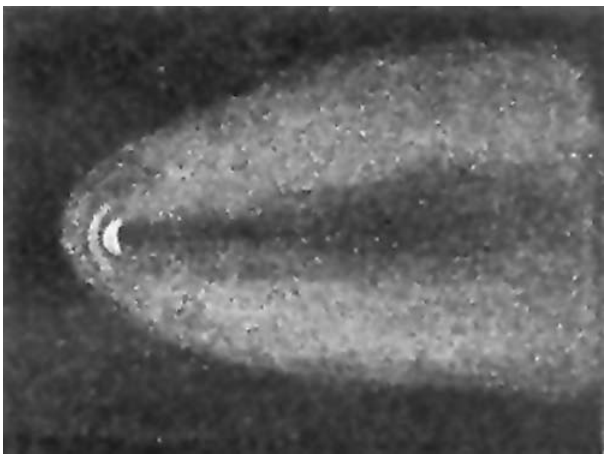
I.

Az üstökösök már külső alakjuknál fogva is különböznek a bolygóktól és a többi égitestektől. Rendszerint ködhöz hasonló felhő gyanánt lebegnek az égen, sokat csak távcsövön át figyelhetni meg. Némelyek azonban szabad szemmel is láthatók, s voltak már oly üstökösök is, melyek fényes csóvájukkal az égbolt felét is áthidalták.

A szabad szemmel látható üstökösöknél két főrészt különböztetünk meg, anélkül, hogy közöttük éles határt vonhatnánk. Az üstökös *feje* rendesen fényesebb annak a *csóvájánál.* A fej kerek vagy szabálytalan alaku *magból* áll, erős fénye néha állócsillaghoz vagy bolygóhoz teszi hasonlóvá; a magot ködnemű anyag, a *coma* veszi körül, ez közvetlenül a mag körül erősen világít, szélei felé pedig mindinkább halványabb.

Az üstökös csóvája vagy farka a coma folytatása, gyengén világító, halvány-fehér fényár, mely az üstökös fejétől gyakran tetemes távolságokra terjed, szélei felé fokozatosan halványabb lesz, mindinkább kiszélesedik s az üstökösnek csak a Naptól elforditott oldalán fordul elő.

Az üstökös-fő és csóva alakja az egyes üstökösöknél általában igen különböző, de ugyanazon üstökösnél is néha gyors változásoknak van alávetve. Vannak üstökösök, melyeknél a csóva a Nap felé forditott oldalon indul meg, s azután visszafelé görbül. Némelyeknél a magban hirtelen kitörések támadnak, miáltal az üstökös feje váratlanul nagy fényözönben úszik; másoknál ismét a csóva több mellékcsóvára bomlik s legyező módjára kiszélesbedik, mintegy kinyilik. Vannak üstökösök, melyek feltünésök után csakhamar két vagy több ágra oszlottak széjjel, két vagy több üstököst képezve egymás mellett; mások ismét egyetlen egy magból két, három vagy több csóvát eresztettek hátuk mögé, mintha több üstökössel egyesültek volna. Az üstökösök alakváltozásaira jellemző az 1881. évi üstökös, melyet Tebbut windsori csillagász (New-Sud-Wales) fedezett fel.

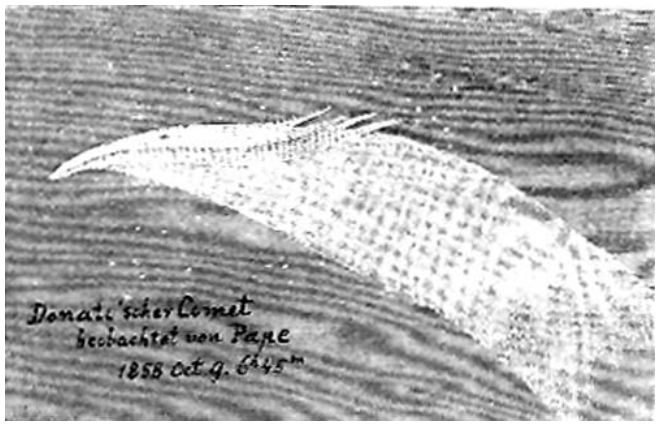


15. ábra. Donati-féle üstökös 1858-ban

Nagyobb távcsövekben az üstökös fején rohamos változásokat vettek észre. Különösen feltünő azon gyors változás, melyet az üstökös 1881 évi junius 26-án genfi idő szerint esti 10^h-tól reggeli 2^h-ig mutatott, tehát rövid 4 órai idő alatt.

Az üstökös esti 10^h-kor kicsiny, fényes magot mutat, mely egy hosszú, de keskeny és fokozatosan szélesedő sugárnyalábot lövelt ki a Nap felé, a rendes csóvával ellenkező irányban. A sugárnyaláb csakhamar megfordul s parabolikusan hátra hajlítva a csóvával összefoly.

Reggeli 2^h-kor teljesen más képet mutat az üstökös feje. A fényes magból 6-7 sugárnyaláb tör elő, melyek kiterjedésre nézve kisebbek az első sugárnyalábnál, korábban hajolnak vissza s görbülnek hátra, mint az első, s ezáltal jól határolt fényes felületet alkotnak, mely a spirális ködfoltokhoz hasonló szerkezetet mutat. Az egész üstökös fényár gyengén derengő burokban helyezkedik el, melynek fénye a világürben lassanként elmosódik. Az üstökös november vége felé már csak gyenge kozmikus ködfolthoz volt hasonló, amilyeneket nagy számmal találhatni derült éjjeleken az égboltozat külömböző tájain.



16. ábra. Donati-féle üstökös 1858-ban.

A naptól távolabbi regiókban az üstökös már csak gyenge ködfoltnak tűnt elő, s színképe csak négy fényes vonalból állott, mint azt a közönséges ködfoltok színképeiben észlelhetni s ez izzós, világító szénhidrogén gázra utal. Ott tehát még a színképelemző készülék sem tudott külömbséget találni az üstökös és a ködfoltok között.

A nagyszerű látványból, melyet a szabad szemmel látható üstökösök nyujtanak, semmit sem vagy csak igen keveset találhatunk azoknál, melyeket csak a távcsöveken át szemlélhetünk. Ezek nagyobbrészt semmi csóvával nem bírnak, s csak ködhöz hasonló külsejük és saját mozgásuk árulja el üstökös természetüket.

A bolygóktól abban is külömböznek, hogy pályájuk általában az állatöv keretén kivül esik, minden irányban találunk üstökösöket. Mozgásuk időnként igen gyors, majd meg jóval lassúbb. Feltünésük idején rendesen a Naphoz közelednek, ilyenkor csóvájuk napról-napra nő és kiterjeszkedik; bizonyos idő mulva a Naphoz annyira közel érnek, hogy sugaraiban eltünnek s azután a másik oldalon ujból előkerülnek, nagyobb fényben és nagyobb pompával.

Néhány hónapnál tovább rendszerint nem is láthatók. Nem tartoznak mind a mi bolygórendszerünkhöz, nagy részük csak egyszer kerül a Nap közelébe s azután a végtelen világürbe távozik.

Kétségtelen, hogy addig, a míg bolygórendszerünk keretében mozognak, a Nap vonzó hatásának vannak alávetve s igy a Newton-féle törvény rájuk nézve is érvénnyel bir. Pályafutásuk tehát csak oly görbe mentén történhetik, mely a Newton-féle törvény értelmében egyáltalában lehetséges. Pályájuk ennélfogva vagy ellipsis, vagy hyperbola vagy parabola.

Az üstökös pálya alakját három megfigyelés alapján kiszámíthatjuk. Ha az üstököst háromszor, időben egymástól lehetőleg távol álló esetben megfigyeljük, s helyét az égbolton pontosan megállapítjuk, Newton, Olbers és Gauss módszere szerint a három adat elegendő a pálya elemeinek meghatározására. A pálya alakjának eldöntése egyes esetekben sok nehéz-

séggel jár. Az üstököst ugyanis leginkább a pálya periheliuma közelében figyelhetni meg, a mikor tehát a gyújtópont közelében mozog; azonban a pálya ezen részében a parabola és a hyperbola nagy hasonlatosságot mutatnak a hosszúra nyúlt s nagy excentricitással biró ellipsishez. A pálya alakját ilyen esetekben az üstökös sebessége dönti el.

Ha ugyanis az üstökös a Földnek a Naptól való középtávolságában, azaz 149 millió kilométernyire távol a Naptól másodperczenkint 42 kilométernél kisebb sebességgel mozog, akkor pályája ellipsisalaku; ha sebessége éppen 42 kilométer, a pálya parabolikus; s 42 kilométernél nagyobb sebesség esetén a pálya: hyperbola. A Naptól való távolság folytonosan változó mennyiség, mindazáltal a sebességnek és a távolságnak viszonya mindenik esetben állandó s előre kiszámítható úgy, hogy a megfigyelés adatait csak össze kell hasonlítanunk a számitásból nyert adatokkal.

A parabolikus pálya meg van határozva, ha ismerjük a perihelium hosszát, távolságát a Naptól s az átvonulás idejét (epocha); ismerni kell továbbá a pálya hajlását, a felszálló csomópont hosszát és azt, hogy az üstökös a görbe pálya melyik ágán közeledik a Naphoz, tehát, hogy pályafutása direct, vagy retrográd-e?

Némely üstökös pályája a bolygók pályáját szeli s megeshetik, hogy az üstökös egy-két bolygó vonzási hatáskörébe jut úgy, hogy ezek pályájában háborgatják, gyakran kivetik a régi pályából s uj pályába kényszeritik. A Jupiter hatalmas tömegével az elliptikus pályán mozgó üstökösöket gyakran parabolikus vagy hyperbolikus pályára tereli, s igy örökre kiveti őket bolygórendszerünk hatásköréből. Igy történt az 1770-ik évi hires Lexell-féle üstökössel, mely megjelenésekor tetemes fényességü volt s a számitások szerint pályájában 5 év és 7 hó alatt járta körül a Napot. Rövid periodusu daczára azonban sem 1770 előtt, sem 1770 után nem látták. A további számitás uj világosságot deritett az üstökösre a mennyiben kitünt, hogy az üstökös 1767-ben igen közel járt a Jupiter bolygóhoz s ez az előbbi pályáját megváltoztatta, rövid periodusu elliptikus pályára terelte őt; uj pályáját azonban nem tarthatta meg sokáig, mert 1779-ben ismét a Jupiter volt az, mely uj pályájából kihajította s oly pályára terelte, melyen talán soha sem tér vissza bolygórendszerünk határai közé.

A távcső fölfedezése előtt természetesen csak a szabad szemmel látható üstökösöket ismerték, azóta igen nagy az oly üstökösöknek a száma, melyeket csak a távcső segitségével fedeztek fel s szabad szemmel sohasem láttak; ezek a *teleszkopikus* nagyságu üstökösök. Az 1890. év végéig a szabad szemmel fölfedezett s régi iratokban fölsorolt üstökösök száma 569 volt, ezekhez járul a távcső fölfedezése óta talált 200 teleskopikus nagyságu üstökös.

A rövid periodusu üstökösök közül az Encke-féle Pons által fölfedezett üstökös keringési ideje a legrövidebb; pályáját 3.6 év alatt futja meg. Az Encke-féle üstökös más tekintetből is nevezetes szerepet játszott az üstökösök történetében.

A visszatérő Encke-féle üstököst 1881. évi augusztus 25-én Pulkowán üdvözölték először. Az üstökös rendkivül gyengén világitó ködfolthoz hasonlitott s alig tünt ki a sötét világürből. 1881. évi helyzete s előre kiszámitott pozitiója között mindinkább növekedő külömbség mutatkozott, mely 1 és fél időpercznél nagyobb összegre emelkedett. Backlund, ki Astens halála után ezen üstökös pályaszámitásával foglalkozott, azt állitá, hogy a tetemes külömbség elenyészik, ha a számitásokból a világürben föltételezett ellenálló közeg miatt a számitásokba bevezetett állandó tényezőt elhagyja, melyet még elődje, Astens vezetett be. Továbbá kimutatta, hogy az üstökös mozgása 1819-1865-ig rendszeresen gyorsult, keringési ideje tehát állandóan kisebbedett, ellenben 1871-1881-ig a gyorsulás felényire olvadt, s jelenleg már igen jelentéktelen úgy, hogy az üstökös immár csak a gravitatio törvényei szerint végzi futását. Mivé lett hát a föltételezett ellenálló közeg állandónak gondolt fékező hatása? Egyszerre megint kérdésessé vált.

Ekkép a titokzatos aether helyett más, eddig talán részben még ismeretlen hatókhoz csatlakoznak valahányszor az üstökösök mozgásában észlelt rendellenességek magyarázatát keresik. E tekintetben már sokszor a hullócsillag-rajokra gondoltak. Bizonyos körülmények között az aetherhez hasonló ellenállásokat gyakorolhatnak az üstökösökre; s mivel anyaguk a pálya mentén egyenlőtlenül van elosztódva, könnyü megérteni, miért nem fejtenek ki állandóan egyforma ellenálló hatást az üstökösökre. Az Encke-féle üstökös pályája a hires Biela-féle üstökös pályáját átszeli, s igy mindkettő a Nap körül való keringésükben az égür közel egy pontján halad keresztül. Ma már tudjuk, hogy a Biela üstököse meteor-rajra oszlott széjjel s ez pályája mentén szabálytalanul szétterül. Az Encke-üstökös tehát minden körülforgásában ezen meteor-rajnak más és más részét szeli keresztül, igy az ellenállás külömböző lehet s attól függ, hogy a raj a pályák csomópontjában milyen anyagelosztódással bir.

Sok üstökösnél a Napnak intensiv hatása van az üstökös magjára. Zöllner szerint a mag szilárd és folyós anyagok conglomeratuma, mely a Nap fényét visszaveri, polarizálja és folytonos spektrumot ád. A perihelium közelében az üstökösnek a Nap felé forditott részén erős gőzképződés támad, amikor is bizonyos mennyiségü elektromosság lesz szabaddá, mely a gőz molekuláiban a Nap felé hajtatik fel. Az elektromosság neme azon anyagok chemiai összetételétől függ, melyeknek elgőzölgéséből származott. A legtöbb üstökösnél a keletkezett elektromosság ugyanoly nemü, mint az, mely a Napon az ott végbemenő hatalmas revolutiók által válik szabaddá.

Az egynemű elektromosságok ekkép taszitó hatást létesitenek a Nap és az üstökös gőzmolekulái között. Az elektromos taszitó erő csökkenti az üstökös gőzeinek Nap felé irányitott sebességét, csökkenti mozgási energiájukat; s midőn az energiát teljesen felemésztette, megváltozik az üstökös gőzmolekuláinak mozgási iránya s az egész csóva, mely eddig a Nap felé tartott, hátrafordul s az üstökös magja mögé taszittatik, sokszor millió mérföldnyire távol. A csóva anyagának sürüsége az üstökös magjának sürüségénél több milliószor kisebb s újabban Crookes s más physikusok kimutatták, hogy a levegő és más gázok rendkivül megritkított állapotban hirtelen fényleni kezdenek s ez magyarázná meg az üstökösök csóvájában az anyagnak jelentékeny fényintensitását.

Az üstökös színképe rendes körülmények között a szénhydrogéngáz fényes szalagjait mutatja. Ha azonban az üstökös pályája olyan, hogy a periheliumban a Naphoz igen közel jut, úgy az üstökös magja nagy mértékben felmelegszik s a víz elpárolgásával hátramaradt nátrium is izzásba kerül, gőzzé változik s a szinképben a nevezetes sárga D vonalat idézi elő.

Ilyenkor hatalmas revolutiók is támadhatnak az üstökös magjában, melyek az üstököst darabokra tépik, szétroncsolják, sőt anyagát az egész pálya mentén is elszórják; az üstökös, mint ilyen, megszünik létezni, s nekünk halandóknak csak az időnkint visszatérő hullócsillagraj adja tudtunkra az egykori üstökös történetét.

II.

A hullócsillagok gyakori jelenségek az égen. Derült éjszakákon az évnek bármely napján előbukkan hirtelen egy-egy csillaghoz hasonló fénypont, mely széditő gyors sebességgel végig surran az égen s eltünik nyomtalanul; a nép azt mondja, hogy „csillag esett le az égről.” Innen az elnevezésük *hullócsillagok.*

A tova surranó fénypont gyakran fényes vonalat ir le, mely egy ideig tovább fénylik. A hullócsillagok nagyságát az állócsillagok nagyságával, illetve fényességével hasonlitják össze s külömbséget tesznek első-, másod-, harmad-, negyedrendü stb. hullócsillagok között.

Némelyek a Jupiter és Venus bolygók fényességét is elérik s az üstökösök csóvájához hasonló fénypamatot hagynak maguk után.

Egyes esetekben hatalmas tűzgömb jelenik meg az égen, mely erős ropogás, recsegés és durranások, közben darabokra robban; az egyes darabok külön-külön ropognak-recsegnek s valóságos puskadurrogás között kisebb-nagyobb kő- és vasdarabok hullanak a földre. Az ilyen feltünő hangtani jelenségek, kíséretében fellépő hullócsillagokat *tűzgömbök*nek vagy *bolidok*nak mondják. A földre hulló kő- és vasdarabokat meteoriteknek vagy aerolitheknek nevezik; külömbséget tesznek tehát meteorkő és meteorvas tartalmu aerolithek között.

Nevezetes meteorhullás volt 1896-ban február 10-én Madridban, reggeli 9½ órakor. Sokan földrengéshez vagy dynamitexplosióhoz hasonlitották. Kezdetben erős és éles ütések voltak hallhatók, melyek távoli mennydörgéshez vagy ágyuk morajához hasonlitottak. Közben a moraj tompult s gyenge recsegés váltotta fel, mely végül sajátságos ropogás és sistergésbe ment át. A fényjelenség a villámcsapáshoz hasonló hangot 70 másodperczczel megelőzte. Közvetlenül ezután a szétrobbant meteoritnek, darabjai nagy mennyiségben hullottak alá, helyenkint tetemes károkat is okozva. A tüneményt kelet-nyugat irányban 700 km-nyire, észak-dél irányában 400 km-nyire látták s a lehulló meteoritek is nagy területen szóródtak széjjel. Utána kicsiny felhő marad az égen, mely még délután 3 órakor is látható volt s kelet-észak-kelet irányában mozgott tovább.

Időközönkint a hullócsillagok nagy számmal jelennek meg s havazáshoz hasonló tűzijátékot idéznek elő. Egyike a legnevezetesebb csillaghullásoknak az, melyet Humboldt és Bonpland figyelt meg az Andesekben 1799. évi november 12-én. Hasonló erős csillaghullás volt még 1833. évi november 13-án, 1866. évi november 14-én, továbbá 1866, 1872. és 1885. évi november 27-én. Az előbbiek után itélve, 1899. évi november 14-ére is vártak erős csillaghullást, ez azonban nem következett be.

A hullócsillagoknál feltünő, hogy évenkint meghatározott napokon nagy számmal lépnek föl. Sőt a havazáshoz hasonló tűzijátékok bizonyos szakaszokban ismétlődnek.

Ezen tények arra a gondolatra vezettek, hogy a hullócsillagok meghatározott pályákban a Nap körül keringenek s hogy a pályák az ekliptika síkjával nem esnek össze, hanem azzal bizonyos hajlásszöget alkotnak. A hullócsillagok pályái tehát a Föld pályáját két csomópontban átszelik s valahányszor Földünk a csomópontokba ér, a hullócsillagok egész rajával találkozik. S tényleg erősebb csillaghullás jelentkezik szakaszosan az évnek különösen két napján, minden év augusztus 10-én és november 13-án. Az augusztus 10-iki hullócsillagok a Persens csillagképéből látszanak kisugározni s azért „Perseidák”-nak is neveztetnek, a novemberi raj az oroszlán csillagképéből sugárzik ki s azért „Leonidák”-nak mondják.

A szakaszosan évről-évre visszatérő csillaghullásból következtetjük, hogy a meteorok az egész pálya mentén egyenletesen osztódnak el s zárt gyürüt képeznek; Földünk pedig évenkint a gyürü más-más pontjával találkozik.

Az augusztusi meteorraj pályája a Nap körül irt ellypsis, melyen körülbelül 120 év leforgása alatt egyszer körüljár. A novemberi meteorraj keringési ideje 33¼ évet tesz ki. Az utóbbi periodust Schiaparelli számitotta ki s csakhamar kiderült, hogy a Leonidák pályaelemei nagy hasonlóságot mutatnak az 1866. évi I. üstökös pálya-elemeivel. Weiss E. utalt arra a nevezetes körülményre is, hogy a periodikus csillaghullás egyidejü bizonyos üstökösöknek a Föld felé való közeledésével. Az augusztusi meteorraj 317°-nyi helioc. hosszuságban metszi a Föld pályáját, s ugyanott keresztezi azt az 1762. évi III. és az 1852. évi II. üstökös pályája is. Az évenkint nov. 27-én több-kevesebb erővel jelentkező meteorraj a Biela-féle üstökös pályájában kering.

Mindezek alapján sokan a meteorrajokat és hullócsillagokat üstökösöknek, illetve üstökösök maradványainak tekintik. A Biela-féle üstökösnél, de másoknál is (Brooks 1889), tapasztalták, hogy a mag két, három vagy több részre bomlott széjjel. A Biela-féle üstökös uj megjelenésekor nagyon szétfoszlott állapotban került elő. 1826-ban fedezte föl Biela kapitány, 1832-re jelezték első visszatérését, 1845-ben az üstökös két részre oszlott; a következő megjelenése $6^3/_4$ év mulva 1852-ben történt, s ekkor már két üstökös haladt egymás mellett alig néhány foknyi távolságban egymástól.

Az 1888. évi Sawerthal-féle üstökös magja három részre robbant; a váratlan fellobbanások és hirtelen fényváltozások, melyeket a megfigyelők földeritettek rajta, hatalmas revolutiókból eredhetnek, s nem lehetetlen, hogy ezek az üstökös testét teljesen szétforgácsolták.

Az augusztusi és novemberi meteorok az égnek egy pontjából sugároznak ki. A kisugárzás pontját *radiátiós* pontnak hivják, mert úgy látszik, mintha a hullócsillagok a radiátiós pontból valamely kör rádiusai irányában repülnének. Az oly hullócsillagokat, melyeknél radiátiós pontot nem találunk, sporadikus hullócsillagoknak mondják; a radiatiós pontból kisugárzó hullócsillagok pedig évenkint szakaszosan ismétlődnek, s azért periodikus hullócsillagoknak neveztetnek.

Földünk légköre valóságos köpenyeg gyanánt védelmez a kivülről behatoló meteor-lövegek ellen! A meteor nagy sebességgel érkezik a légkör felső határához, ott azonban a levegő ellenállása folytán fokozódó akadályokat talál, mozgási energiája átalakul, hővé fejlődik át, s a meteor egész tömegében izzásnak indul s világit. Az augusztusi meteorrajnál tapasztalták, hogy az egyes meteoritek 180 km magasságban váltak láthatókká, a novemberi rajnál egyesek 156 km magasságban kezdtek világitani.

A nagyfoku izzás következtében a meteoritek anyaga megolvad, elpárolog, sokszor pedig szétrobban s elporlódik. Innen van, hogy a hullócsillagok nagy része a felvillanás után csak rövid ideig látható, s anyaguk csak ritkán kerül darabokban a Földre. Az augusztusi raj meteoritjei átlag 90 km magasságban tünnek el, a novemberi rajé pedig átlag 97 km-nél porlódnak el. Sarki vidékeken a hórétegek felett fekvő por a meteoritekből hull alá.

A Földre esett meteoritek súlya általában igen külömböző, találtak már több kg. súlyú darabokat is. Anyaguk szerint két csoportba osztják; megkülömböztetnek vastartalmu (sideritek) és kőzetekből álló meteorokat. A sideritek majdnem tiszta vasból állanak, melyhez legtöbbször nickel (2-15%) és phosphor is vegyül. Kristályos szerkezetüek, gyakran fákhoz hasonló elágazások és üregek találhatók bennök; az üregek jól kristályosodott olivint tartalmaznak. Savak s más chemiai hatók a vasat és nickelt nem egyenlő módon támadják meg s ez eszközül szolgált a meteoritek felismerésére. Csiszolt meteorvaslapot savakkal étetve, sajátságos szövetü alakokat találunk, melyek a meteorit belső szerkezetét tárják elénk s *Widmanstätten*-féle figuráknak neveztetnek, felfedezőjük után.

A meteorvas nickeltartalma és a Widmanstätten-féle figurák tekintetében külömbözik első sorban a földi eredetü vastól. Innen van, hogy kozmikus származást tulajdonitanak sok esetben olyan vastömegeknek is, melyeknek aláhullását senki meg nem figyelte, a két ismertető jel azonban meteorit-természetükre vall. 1783-ban Argentinában 26.800 kg. súlyú vastömeget találtak, mely sehogyan sem illett a környék geologiai viszonyai közé, nickeltartalma és a Widmanstätten-féle figurák jelenléte pedig arra utalnak, hogy meteor-eredetet tulajdonítsunk neki.

A kőzetekből álló meteoritek általában ásványi tartalmuak s majdnem kivétel nélkül a magnesia-silikátok csoportjába sorolhatók. Vasat vagy egyáltalában nem vagy csak igen keveset tartalmaznak.

A meteorkövek között szerkezeti külömbségeket találtak s ezek alapján csoportokba foglalták. Leggyakoribb typusa a meteorköveknek az úgynevezett „chondrit”, mely többé-kevésbé finom szemcséjű, gyakran vulkanikus lávához hasonló, szürkés vagy fekete anyagból áll. Találunk benne sajátságos golyós képleteket, valamint olivin, bronzit és nickelvas magokat is. Szerkezetöknek magyarázatául két nézet alakult: az egyik, melynek főképviselője Tschermak, a chondriteknek pyroklastikus eredetet tulajdonit; a másik nézet képviselői: Kengott, Wadsworth, Foullon, azt tartják, hogy a chondritek kristályos kőzetek, melyeknek alkatrészei a keletkezés pillanatában kristályosodtak s nagy nyomás következtében nyerték klastikus szerkezetüket. A chondritek sohasem találhatók idegen kőzetekben; környezetök ugyanazon ásványokból áll, mint a főmag; vulkanikus alkatrészeket, mint hamut, lapilliket, üveges töredékeket, hólyagokat vagy üveges rétegeket nem tartalmaznak, a külső réteg üveges burkolata a megolvasztott anyagoktól ered, melyek a meteorkőnek a légrétegen át való esése közben izzásnak indultak s megolvadtak.

A meteoritek számát illetőleg csak becslésekre szoritkozhatunk. Dr. See átlagos számitásai szerint minden éjjel 600 millió meteorit hull a Földre s nappal ugyanannyi. Ha minden meteorit csak 1 grammnyi tömeget hoz a Földre, úgy Földünk tömege évenkint kerek 500.000 tonna súlyú anyaggal gyarapodnék.

NEGYEDIK FEJEZET.
Az állócsillagok.

I.

Az állócsillagokat a régiek mozdulatlanoknak gondolták, innen származik az elnevezésük. S az, a ki csak szabad szemmel figyeli az égboltozatot, a csillagok egymáshoz való helyzetét állandónak is találja. Az utolsó évtizedekben tökéletesített mérőeszközökkel azonban nagy számu állócsillagnál elmozdulásokat vettek észre, s megállapították, hogy az egykor állóknak gondolt csillagoknak *„saját mozgásuk”* van, miáltal a szomszédos csillagoktól való távolságuk változásnak van alávetve. A fényesebb csillagok általában nagyobb „saját mozgással” bírnak, mint a gyengébb fényűek, a mi arra mutat, hogy tőlünk való távolságuk csekélyebb. A gyengébb fényűeknél is előfordul, hogy saját mozgásuk gyorsabb, mint a náluknál erősebb fényű csillagoké. A hattyu csillagkép (cygnus) 61 számmal jelölt csillaga 5-6-od rendű s igen erős „saját mozgása” van. Ellenben a Siriusz a „nagy kutya” csillagképében 1-ső rendű csillag s mozgása jóval lassúbb. Akkora elmozduláshoz, mint egy telehold-átmérő, a Siriusnak 1494 évre van szüksége, mig a 61-es a hattyuban ugyanakkora elmozdulást 358 év alatt végez.

A csillag parallaxisa alatt azon szöget értjük, mely alatt a Föld-pálya átmérője a csillagról tekintve látszik. A csillagoknál általában igen kicsiny mennyiség; legtöbb állócsillag oly távolságban van a Naptól és a Földtől, hogy jelenlegi távcsöveinkkel dolgozó megfigyelő a legtöbb csillagról a Föld pálya átmérőjét, mely átlag 20 millió mérföldet tesz ki, alig mérhető kicsiny szög alatt láthatná. A Földet a csillagokról tekintve, ha egyáltalában kivehető volna, közvetlen a Nap korongja mellett látnók.

A parallaxis megközelítő ismerete a csillag távolságának ismeretére vezet, miből ismét a csillagok mozgásának valószínű lineáris sebességére vonhatunk következtetést. A 0.1”-nyi parallaxis 37 millió mérföld ívhosszúságnak felel meg. Eszerint a csillag egy év alatt olyan út mentén mozdul el, mely a Föld-pálya tízszeresét meghaladja, sebessége pedig másodperczenkint 300 km.

A direct astronomiai megfigyeléssel az állócsillagok mozgásának csak azon összetevőjét határozhatjuk meg, mely a Föld felé vont sugárra merőlegesen áll. A színkép-elemzés módszere segítségével lehetséges a mozgásnak másik összetevőjét is mérni, azt, mely a Föld felé vont sugár irányába esik. A színkép vonalainak eltolódása a vörös vagy ibolya színek felé a legérzékenyebb mérőeszköznek bizonyult annak kimutatására, hogy a csillag felénk közeledik-e vagy távolodik-e tőlünk? Egyes csillagoknál még a közeledés, illetve távolodás sebességét is megmérték.

Nagy jelentőséget nyert a photographia azon csillagok megfigyelésénél, melyek a Föld felé vont sugár irányában mozognak. Ha ugyanis a csillag a Föld felé közeledik, a fényrezgések gyorsabban követik egymást, miáltal a fény törékenyebbé válik s minden szín a spectrumban az ibolya felé eső szomszédos szín helyére tolódik el. Valamely csillag távolodásakor, a színkép színei a vörös felé eső szomszédos színbe mennek át. Ezen változásoknak direct megfigyelése nem nyujt elegendő alapot a csillagok mozgásának mérésére. Ha azonban a csillag színképét lephotographáljuk s melléje összehasonlítás czéljából egy másik színképet photographálunk le, mely földi fényforrásból ered, úgy a sötét vonalak relativ eltolódása mértékül szolgál a csillag relativ saját mozgására a Föld felé a fénysugár irányában.

Ez az eljárás a *spectralphotographia* módszere. Vogel és Scheiner 1894-ig az északi éggömb 51 legfényesebb csillagánál alkalmazták a színképphotographia módszerét a csillagok „saját mozgásának" megállapitására.

Vogel megfigyelései ezeken kivül még más csodálatos jelenségeket is deritettek föl az állócsillagok világában. Mindenekelőtt nevezetes a „Spica" nevü csillag mozgásának és az „Algol" nevü csillag fényváltozásainak földeritése. Vogel spectrofotográfiái ugyanis kimutatták, hogy a Spica (a Virginis) szabálytalan „saját mozgással" bir, a mennyiben a csillag váltakozva majd a Föld felé mozog, majd meg attól távolodik. A tünemény négy napi periodusban ismétlődik. További megfigyelésekből azután kitünt, hogy a Spica nem egyszerű, hanem kettős csillag, kísérője azonban sötét égitest. Az egész rendszer négy nap alatt egy keringést végez. Az „Algol" (β Persei) fényváltozásai is sötét kisérőjének tulajdonithatók, mely keringése közben az „Algol" elé kerül s azt részben elsötétiti.

Vogel mérései szerint a Wega (α Lyrae) Pollux (β Gemini) és Arcturus (α Bootis) másodperczenkint átlag 70 km-nyi sebességgel a Föld felé közeledik, ellenben a Sirius (α Canis major) Castor (α Gemini) és Regulus (α Leonis) a Földtől állandóan távolodnak és pedig a két első átlagos 46 km-nyi, az utolsó átlag 33 km-nyi sebességgel másodperczenkint. Természetes, hogy idők multával a legtöbb csillagkép más csoportokat fog képezni, s a csillagok „saját mozgása" következtében uj csillagképek támadnak, melyek a mostani csillagképektől tetemesen elütők lesznek.

A csillagok évi parallaxisának mérése azoknak távolságairól ad felvilágositást. Minden kisérletünk azonban meghiusul, ha számot akarunk adni a távolságokról, melyek a csillagok között fennállanak.

Hogy csak némi szemléletes képet nyerjünk, nevezzük rövidség kedvéért a távolságot, melyet a fény egy év leforgása alatt befut, *„fényév"*-nek. Egy fényév kereken 10 billió km-nyi távolság, ha a fény sebessége másodperczenkint 300.000 km. Fényévekben kifejezve a Sirius távolsága tőlünk 16.9, Arcturus-é 25.6, a sarkcsillag-é 42.75, a Capellá-é (α Aurigae) 70.6 fényév.

A csillagok távolságától függ a „fényesség", melynek alapján rendekbe foglaljuk azokat s megkülönböztetünk 1-ső, 2-od, 3-ad, 4-ed stb. rendü csillagokat. Az egyes rendek keretén belül az oda tartozó csillagok fényessége nem egyenlő-foku. A csillagok fényességét a Wegához hasonlitották s ennek fényességét 1-nek vették.

A csillagok fényességének relativ értékét is mérték s összehasonlitásokat végeztek a Nap és a Hold fényességével szemben. Herschel J. a Telehold fényét az α Centaurihoz viszonyitotta s azt találta, hogy a Telehold 27408-szor mulja felül az α Centauri fényét. S ha Zöllner szerint elfogadjuk, hogy a Nap és Hold fényessége úgy viszonylik egymáshoz, mint 618.000:1-hez, akkor a Nap fényessége 18.000 milliószorosan mulja felül az α Centauri fényét. A Nap és α Centauri között a távolságokat tekintve, ahhoz a meglepő eredményhez jutunk, hogy α Centauri valódi fényessége a Napét kétszeresen fölülmulja. A számitást más csillagokra is alkalmazva úgy találjuk, hogy a Sirius 88-szor, a Capella pedig 300-szor mulja felül a mi Napunk fényerejét.

A tapasztalás kimutatta, hogy a csillagok fényessége nem tisztán a távolság függvénye s a külömböző távolság egyedül nem döntő a fényesség külömböző fokainak értelmezésénél. A csillagok ugyanis szin tekintetében is külömböznek, a színkép külömböző szinei pedig nem birnak egyforma fényintenzitással. A csillagok fénye továbbá földi légkörünk külömböző fényelnyelő képességgel biró rétegein halad át, mig műszereinket és szemünk látóidegeit éri. Némely csillag fénye azonkivül szakaszosan változik s egy fénymaximum és fényminimum között ingadozik. A hirtelen fölbukkanó csillagok (nova) pedig olyan jelenségekre utalnak,

melyek a csillag életében katasztrófát jelentenek s váratlanul föllobbanó fényük az energiának rendkivüli és gyors megszaporodásából ered.

A csillagokat színük szerint már a régiek is csoportokba foglalták. A távcső feltalálásával a színes csillagok száma gyarapodott. Legfeltünőbbek a vörös és sárga szinű csillagok, nagyobb részük azonban fehér, bizonyos foku kékes és ibolyaszinű árnyalattal. Tiszta spektrálszíneket csak elvétve találunk; kevés csillag van, mely határozottan vörös, sárga, kék vagy fehér, ahelyett találunk nuanceokat, melyeknél a vörös a sárgával, a sárga a fehérrel, a fehér a kékkel a legkülönfélébb intenzitásban társul. Páratelt levegőben, vagy közel a horizonthoz, hol nagy vastagságu és sürü levegőrétegen kell a fénynek áthatolnia, az állócsillagok színe a vörös árnyalatokat mutatja.

Vogel azt állítja, hogy az égi testek fejlődési foka a spektrumban és a színben tükröződik vissza s a következő csoportokat alkotja:

1. Csillagok, melyeknek izzó állapota oly magas foku, hogy az atmosphaerájukban foglalt fémgőzök csak csekély absorptiót gyakorolhatnak úgy, hogy a spektrumban semmi, vagy igen gyenge vonalak vannak. Ide tartoznak a fehér színü csillagok.

2. Csillagok, melyeknek izzó állapota alacsonyabb foku s az atmosphaerájukban foglalt fémgőzök, hasonlóan a mi Napunkhoz, a spektrumban erős vonalakat idéznek elő; ide soroltatnak a sárga csillagok.

3. Csillagok, melyeknek izzó állapota annyira alászállott, hogy az atmosphaerájukban foglalt anyagok associátiója végbe mehet s a spektrumban többé-kevésbé széles absorptiós szalagokat tartalmaznak; ide tartoznak a vörös csillagok.

Vannak csillagok, melyeknek fényessége időről-időre változik; némelyeknél a változás időszaka hosszu, másoknál ismét igen rövid. A változó (variabilis) csillagok színe általában vörhenyes. Egyike a legnevezetesebb változó csillagoknak a „Mira" néven nevezett csillag a Czet csillagképében (α Ceti). A „Mira" (a csodálatos) átlag $331^1/_3$ nap alatt változtatja fényét; maximuma idején 2-od rendü s azután fényessége fokozatosan csökken a 9-dik rendig. A fényváltozás időszaka nem állandó s meglehetősen szabálytalan; legnagyobb fényességét sem éri el minden időszakban, gyakran csak 3-ad vagy 4-ed rendű nagyságig nő s azután a minimum felé halad.

Gyors fényváltozásnak van alávetve az „Algol" nevü csillag a Perseus csillagképében (β Persei). A fényváltozás időszaka 2 nap 20 óra 48 percz. Legnagyobb fényessége 2-od rendü, s tart 2 napig és 11½ óráig; minimumát 4½ óra után éri el s ilyenkor fénye csak 4-ed rendü. Fényességének minimuma csak 10-25 perczig tart s ismét 4½ óra után teljes fényében ragyog.

A változó csillagok physikai természetének földeritése csak a színképi elemzés módszerének alkalmazásával vált lehetségessé. Különösen Huggins, Secchi és Vogel kutatásainak köszönhető az elért eredmény. Secchi a változásnak 3-féle fajáról szól, mindegyike más-más oknak folyománya.

A fényváltozás első faja rövid periodusu s az által támad, hogy a főcsillagot a körülötte keringő sötét bolygó részben vagy egészben elsötétiti. Ezekhez tartoznak az Algol-typusu csillagok. A második faju fényváltozás az égitest tengelye körül való forgásából ered, miáltal felénk más-más tulajdonságu oldalát forditja. A harmadik faju fényváltozás szabálytalanul ismétlődő kitöréseknek tulajdonitható, miáltal nagy tüzek és lángok támadnak az égitest felületén.

Chandler vizsgálatai kimutatták, hogy az „Algol" fényváltozásaiban tapasztalt rendellenességek csak akkor találnak kielégitő magyarázatot, ha feltételezzük, hogy legalább 3 égitest képez ott egy csoportot úgy, hogy egy sötét égitest körül körpályában kering az Algol és egy

másik bolygó. Ha a két égitest a Föld felé tart pályájában, az „Algol" fényváltozásai rövidebb időszak alatt ismétlődnek; ha ellenben távolodnak a Földtől, a periodus hosszabb tartamu.

A változó csillagokon kivül vannak olyanok is, melyek a sötétségből váratlanul előbukkannak; fényük hirtelen föllobban s azután éppoly hirtelen eltünik a nélkül, hogy fényváltozásuk valamelyes periodushoz volna kötve. Az *uj csillag* (nova) rövidebb-hosszabb életű. Legrégibb feljegyzés ilyen uj csillag föltünésére az, mely Hipparchus idejéből származik (Kr. e. 125). Fénye a többi csillag fényességét fölülmulta, sokan nappal is látták. Tycho idejében (1572) is megjelent egy uj csillag a Cassiopeja csillagképében és nagy feltünést keltett rendkivüli fényességével.

Zöllner az uj csillagok hirtelen fellobbanását az izzó, lávaszerü anyagok kitöréséből magyarázza. Olyan csillagoknál, melyeknek hőmérséklete tetemesen alászállt, kemény réteg képződött a felületen. A réteg belső vagy külső erők hatása folytán hirtelen szétrepedezik és rianások támadnak, melyeken át a belső izzó anyag előtör s elömlik a felület mentén. Az igy fölszabadult nagy hő- és fényenergia által a csillag ujból világitani kezd.

Seeliger szerint a nagy föllobbanás hirtelenül támadt hőenergia-gyarapodásból ered, mely talán két sötét égitestnek egymással való összeütközése által keletkezett.

II.

Távcsövön át elég erős nagyitásokkal szemlélve az állócsillagokat, gyakran találunk kettőt, hármat, négyet stb. közel egymáshoz. Némely csillag csak igen erős nagyitás alkalmazásával bomlik szét két csillagra; vannak azonban olyanok is, melyeket már az éles szem is kettősöknek ismer fel (ξ Ursae major). A közel egymás mellett fekvő csillagok általában csak optikai tekintetben kettősek a nélkül, hogy közöttük valami physikai összefüggés fennállanék. Vannak azonban olyanok is nagy számmal, melyek physikai tekintetben is összefüggő rendszert alkotnak. Ezek a valódi *kettős csillagok.*

A kettős, hármas stb. rendszereket képező állócsillagok tömegeit nem ismerjük, a csillagok távolságait a közös súlyponttól sem állapithatjuk meg, s igy a két égitestnek csak a relatív mozgását figyeljük meg, melyet az egyik, a fényesebb végez a másik körül, ha ezt nyugalomban levőnek gondoljuk. A relativ mozgás pályája hasonló a valódi pályához, elliptikus alaku s a mozgó égitest ugyanannyi idő alatt futja meg, mint a valódi pályát.

A kettős csillagok mozgása, tehát olyan, mint a bolygóké a Nap körül, csakhogy a Nap helyét ezeknél a közös súlypont foglalja el. A Kepler-féle második törvény a kettős csillagok mozgásánál is érvénnyel bir.

A kettős csillagok pályáinak meghatározására a vetületi pályát figyeljük meg, melyet az egyik csillag mozgása közben látszólag leir a másik, nyugvónak gondolt csillag körül. A pálya kiszámitásánál a keringés ideje is tekintetbe veendő.

A kettős csillagok felkutatása körül Burnham szerzett különös érdemeket. 1890-ig mintegy 1054 kettős csillagot fedezett fel s katalógusokba foglalt. A kaliforniai Lick-Observatorium modern eszközeivel kettősöknek ismert fel oly csillagokat is, melyeket eddig a legnagyobb távcsövek sem tudtak szétbontani. (Sirius.)

Mintegy 800 kettős csillagnál a mozgást is sikerült megállapítani s körülbelül 30-nál a pályát is kiszámitották. Az eddig ismert összes kettős csillagok száma a 11 ezeret megközeliti.

A kettős csillagoknál a keringési idő általában igen külömböző, némelyeknél rövid, másoknál ismét évszázadokig tart. Rövid keringési ideje van az ismertebbek közül ezeknek:

Procyon keringési ideje	39.9	év
Sirius keringési ideje	49.3	"
α Centauri keringési ideje	87.4	"
ζ Librae keringési ideje	95.9	"
Ellenben pl.:		"
ξ Bootis keringési ideje	127.3	"
δ Cygni keringési ideje	415.0	"
ζ Aquarii keringési ideje	1578.0	"

A kettős csillagok a távcsövek jóságának kipróbálásánál jó szolgálatot tehetnek. Igy közönségesen használt 2 hüvelyk nyílásu achromatikus távcsövekkel is már szétbonthatjuk és kettősnek ismerjük fel a következőket: ξ Ursae majoris, γ Andromedae, ξ Lyrae stb. Nagyobb 4-5 hüvelyk nyílásu távcsövekkel kettősnek fogjuk látni a Rigelt (β Orionis) és a γ Ceti csillagát. Nehezen szétbontható s csak a legfinomabb távcsövekkel megfigyelhető kettős csillagok gyanánt ismeretesek: γ Coronae borealis, ξ Herkulis, φ Ursae majoris. A távcsövek legerősebb próbája Struve O. szerint δ Coronae borealis csillaga, mely 17-ed rendü.

A kettős rendszereken kivül találunk hármas, négyes, ötös rendszereket is az állócsillagok között. Hármas rendszert alkot például: α és γ Andromedae, γ Virginis, η Coronae borealis. Négyes rendszert találunk: a β Lyrae, β Geminorum, ε Lyrae csillagánál. Ötös rendszer: ι Tauri.

A rendszert alkotó csillagok pályáinak kiszámitása a mellett bizonyit, hogy a látható világ legszélsőbb határainál is hat egy vonzóerő, mely a távolságok négyzeteivel fordítva, a tömegekkel pedig egyenesen arányos. Az erő ugyanaz, mely Naprendszerünkben a bolygók és a holdak mozgásának irányítója, ugyanaz, mely oka annak, hogy az elhajított kő a Földre visszahull. A gravitatio törvénye szerint történik az egész világegyetem mozgása.

ÖTÖDIK FEJEZET.
Csillaghalmazok és ködfoltok.

I.

Szabad szemmel vizsgálva az égboltozatot, itt-ott csillagcsoportokat találunk, melyekben a csillagok nagy számmal, szabálytalan rendetlenségben vannak széjjel szórva. Ezek a csillagcsoportok közönségesen *csillaghalmazoknak* neveztetnek.

Némely csillaghalmazban a csillagok oly sűrűn vannak egymás mellett, hogy szabad szemmel nem választhatók széjjel, egyetlen felületet alkotnak, mely gyengén derengő fényével világító felhő foszlánynak látszik. Távcsövön át a legtöbb csillaghalmaz ezernyi kicsiny csillagra bomlik szét, melyek a legkülönfélébb csoportokba sorakoznak. Rendesen igen kicsiny fényüek, nagyságuk általában nem haladja meg a 6-od rendű csillagokét; nagyobb részük azonban 10-14-ed rendű.

A szabad szemmel látható csillaghalmazok közül legszembetünőbb a Fiastyúk (Plejadok) csoportja a „Bika" (Taurus) csillagképében. Gyenge látásu szemnek mint kicsiny fehér felhő tünik elő, az erősebb szem már 6 csillagot különböztet meg benne, ezek közül a legfényesebb „Alkione", 3-ad rendü, különben η Tauri névvel bir; nevezetes arról, hogy Maedler az állócsillagok azon rendszerében, melyhez bolygórendszerünk is tartozik, ez Alkyonét tartotta a gravitáció középpontjának. A Plejadok többi csillagai közül „Elektra" és „Atlas" 4-ed rendü, „Merope", „Maja" és „Taygeté" 5-öd rendü, „Plejone" és „Coeleno" 6-od rendü, „Asterope" I és II 8-ad rendü csillagok. Kisebb távcsővel 100-150 csillagot is számlálhatunk a Plejadok csoportjában.

Közelükben van a Hyadok halmaza az Aldebaran (α Tauri) 1-ső rendü csillag mellett; ennek nagy fénye miatt a halmazt szabad szemmel csak nehezen láthatjuk.

Igen ismert és szabad szemmel is kivehető halmaz az ugynevezett „Berenice haja" a Szűz csillagképe fölött. Szép csillaghalmazt képeznek a Praesepe csillagai ε Canceri közelében. Az ikrek (gemini) csillagképében is van egy igen szép csillaghalmaz. Mindezek többé-kevésbé durván elszórt csillagokból állanak úgy, hogy már gyönge távcsövekkel kitünően megfigyelhetők. Vannak azonban olyan csillaghalmazok is, melyeket csak erős nagyitójú távcsövekkel tudunk csillagokra szétbontani, miért is sokáig világító ködfoltoknak tartották. Ilyen nehezen szétbontható csillaghalmaz van a Cassiopeiaban, Tukanusban, Herkulesben stb.

Kétségtelen, hogy az állócsillagok csoportosulása némely esetben csak a nagy távolságnak tudható be, mely közöttük tátong, s csak optikai tekintetben, alkotnak csoportot. Valószínű azonban, hogy a csillagok némely halmaza physikai tekintetben is összefüggő egészet képez, s a csillagok valóságos Naprendszerekben sorakoznak. Az utóbbit különösen a golyó alakban tömörülő csillaghalmazokról állíthatjuk, melyeknél a physikai összefüggés nagyobb valószínűséggel is bir.

A Herkulesben fekvő csillaghalmazt Halley látta először 1714-ben s gyenge fényű ködfoltnak irja le. Herschel W. a ködfoltnak vélt világító felhőcskét csillaghalmazra bontotta szét nagy optikai erejű távcsövével. A csillagok benne itt-ott sűrűbb csoportokat képeznek, némely helyen pedig igen megritkulnak úgy, hogy aránylag sötét régiókat találunk benne, melyek sugárszerűen elágaznak.

A csillaghalmazok nincsenek szabályosan elszórva az égboltozaton, hanem a „tejút” közelében fordulnak elő nagyobb számmal, mint az ég más tájain. Az egész „tejút”-nak nevezett világos öv, mely mint egy éjjeli szivárvány a látóhatár fölé emelkedik, a csillagok millióiból alkotott csillaghalmaz.

A csillagok száma egyes halmazokban ezrekre rug. Herschel W. a Centaurusban levő csillaghalmaz; csillagait megszámlálta, s akkora területen, mint a Telehold tizedrésze, 5000 csillagot talált.

Némely csillaghalmazban feltünő nagy a változó csillagok száma. Bailey J. 87 változó csillagot számlált össze a „Messier 3”-ban, s valószínű, hogy a csillagok $^{9}/_{10}$-ed része változó fényű. Vannak ismét csillaghalmazok, melyekben alig találni változó fényű csillagot; igy a Herkulesben fekvő nagy csillaghalmaz 2000 csillaga közül egyetlen egy sem változó fényű.

II.

A *ködfoltok* gyengén világító felhőkhöz vagy ködhöz hasonló képződmények az égen; anyaguk a színképi vizsgálatok szerint gáznemű. A nagyító üveg feltalálása óta a ködfoltok felfedezése gyorsan haladt előre, s ma már ezrekre rug a számuk. Némely ködfoltról a színképelemzés utján kiderült, hogy összefüggő, szalagos színképe van: tehát nem áll egyes színes csíkokból, mint a ködfoltoké általában; miből azt következtetik, hogy anyaga nem is gáznemű, hanem szilárd vagy folyós testekből van összetéve; tehát csillaghalmazt alkot.

A nagy kiterjedésű ködfoltok rendszerint igen gyenge fényűek és elmosódottak, s csak a legnagyobb távcsövekkel láthatók. Herschel W. az ismert ködfoltok területét összesen 200 foknyi kiterjedésűnek becsülte.

A ködfoltok alakja igen külömböző. Három fő alakot találunk: vannak *gyürüs, csigavonal* alaku és *köralaku* ködfoltok. Szép gyürüs ködfolt van a Lyra, Andromeda és az Orion csillagképében. Csigavonal alaku ködfolt a Vadászkutyákban levő; erős csavarodásokat mutat a „Nagy medve” csillagképében levő ködfolt is. Az Andromeda ködfoltja a látásvonalra igen hegyes szög alatt hajlik, s a gyürü, hosszú, elnyult ellipsisnek látszik. A ködgyürü középpontjában fényes mag van. A gyürü több részre bomlik s az egyes gyürük között sötétebb térközök láthatók. Az Andromeda ködrendszere igen hasonló a Saturnus bolygó gyürürendszeréhez.

A Lyrában levő ködfolt a látásvonalra majdnem merőlegesen áll, a gyürüt ezért köralakunak látjuk. A gyürü közepén Gothard E. a photographia segítségével kicsiny csillagot fedezett fel.

A köralaku ködfoltok már gömbbé tömörültek, s a bolygókhoz hasonlók. Ezek valósággal óriási tömbök gázállapotban levő s izzó anyagból. Színük kékeszöld. Egyik-másik elliptikus alaku, éles körvonalakkal, vagy gyengén elmosódó szélekkel. Nem ritkák a *kettős ködfoltok* sem. Ezeknél a középen rendesen erősebb sürüsödést, határozott magot külömböztethetni meg.

Köralaku ködfolt van a „Halak,” a „Nagymedve” és az „Andromeda” csillagképében. A kettős ködfoltok physikai összefüggését mutatja azon körülmény, hogy némely esetben mind a két ködfoltot még egy külső gázburok veszi körül, mely alakjánál fogva hozzájuk tartozónak bizonyul. Egyes ködfoltoknál a mag oly erős sürüsödést mutat, hogy fénye csillaghoz hasonló és a színképi elemzés izzó folyós anyagot deritett ki azokban.

A legragyogóbb és legszebb a ködfoltok között az Orion-köd. Sajátságos alakját polyphoz, pillangóhoz vagy oroszlán nyitott torkához hasonlitották. Alakja a valóságban szabálytalan s több részből áll. A legbelsőbb mag szabálytalan sokszöget képez, mely az egésznek a leg-

fényesebb része. Ennek belsejében régóta ismert négy kicsiny csillagot találunk sötét mezőben, melyek a hires Orion-trapéz neve alatt ismeretesek. Ujabban még kettőt találtak ott, igy összesen 6 csillag van benne. A belső magból számtalan sugárnyaláb ágazik kifelé, melyek üstökösökhöz hasonlóan csóvákat képeznek körülötte, s ívesen hajlanak hátrafelé. A belső magot és a csóvákat végül gyenge ködburok veszi körül.

Az eddig fölfedezett ködfoltokat Dreyer katalogusba foglalta s összesen 7840 ködfoltról tesz említést. A photographia különben kimutatta, hogy a világür nagy területeken ködnemü gázanyaggal van megtöltve s úgy látszik, hogy az egyes, különállóknak vélt ködfoltok között anyagi áthidalások vannak, melyek a ködfoltokat egymással szerves összeköttetésbe hozzák. Ilyen áthidalásokat találunk a Plejádok csoportja körül kiterjedő ködfolttól a szomszédos ködfoltokhoz. Az Orion-ködfolt környékén is vannak nyomai a szomszédos ködfoltok felé húzódó áthidalásoknak.

A világegyetem mérhetetlen távolságaiban talált gáznemü tömegek nagy valószinüséggel alakuló világrendszerek, melyek jelenleg a fejlődésnek még igen kezdetleges fokán vannak. Arra mutatnak különösen a csavarodást feltüntető ködfoltok, melyekben a csigavonalu csavarodás mozgásra vall, olyan természetü mozgásra, mint amely a Kant-Laplace-féle elméletnek megfelel.

-&-