

## XI. FEJEZET.

### A NAP.

A hajdankor embere imádta a Napot. Egyiptomban, Kis-Ázsiában és Ázsia nyugati részében lakott ősi népek négy-s nyolczezer éves emlékei tanuskodnak róla, hogy a „Nappal ura“ nálok isteni tiszteletben részesült. A régiségbuvárok ezt bebizonyították a főnicziaiak, asszír- és hittiták, valamint más hajdani, a Föld színéről most már eltűnt népek világára vonatkozó kutatásaikkal. A napisten ábrázolására előszeretettel használták a szárnyas gömböt vagy szárnyas napkorongot, melyek alakjai épségben fenmaradtak az *edfu*-i templom egyik régi egyiptomi gránitkoporsójának födelén. A Szentírásban ismételtelen czélzás van az istenség védő szárnyaira, a mi az említett és gyakran előforduló faragott képpel függ össze. Mi is nagyon jól tudjuk, hogy minden emberi tevékenységnek csakhamar vége szakadna, ha a Nap éltető sugarai nem érhetnék többé Földünket.

**A Nap uralkodik a bolygórendszeren.** — A Nap a világegyetem minden más testénél fontosabb és felségesebb nemcsak a mi szemünkben, kik a Földet lakjuk, hanem oly lények előtt is, ha ugyan vannak, a kik más bolygókat népesítenek. Ezek az égi testek, vonzásának hiven engedelmességgel, mind a Nap körül keringenek. Sugárzó erélyétől (energia), melyet fény és hő alakjában pazarul küld szerte a világűrben mindenfelé, közvetve vagy közvetlenül függ az élettevékenységnek majdnem minden alakja; a Nap erélyének átalakulása

hozza létre a földi mozgások nagy különféleségének majdnem minden nemét, úgy az élettel bíró, mint az élettelen világban. Minél kezdetlegesebb a műveltség, annál szembetűnőbb az emberiségnek a Naptól való függése.

Labrador életének itt bemutatott képe igen jól bizonyítja állításunkat. A Nap éltető hatása nélkül a fák, melyeknek törzse és ágai a szánka rakodmányát, sőt a szánka anyagát is szolgáltatták, nem termettek volna. Mind az állati, mind a növényi táplálék, mely az ember és a kutyák életének és



172. ábra.

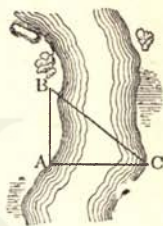
Labradorban minden munkának forrása a Nap.

erejének fentartásához mulhatatlanul szükséges, csak a Nap útján jöhet létre. A szárazföldi és tengeri lények, melyek bőréből a szán istrángjait hasították, nem élhettek volna a Naptól pazarul osztott hő és éltető erő nélkül. És a levegő természetes mozgását sem szabad figyelmen kívül hagynunk: mert a Nap okozza a szellőt is, mely a vitorlát duzzasztja, a Nap emeli magasba, tovább viszi és a szárazföld fölött elterjeszti a tenger páráit, melyek hópelyhek alakjában hullnak le, úgy, hogy a szánka siklani tud a havon. A mi magasabb műveltségünk bonyolódottabb életformáiban is még mindenható a

Nap, habár a lánc összekötő szemei helyenkint nem vehetők észre. Kényelmünk és munkásságunk nagy mértékben attól a hőtől függ, melyet az égő szén szolgáltat; de csak a nap-sugarak hatásának köszönhető, hogy ősrégi geológiai korszakban az erdők a légkörtől elvonták a szenet, mely ekkép állandó ásvány alakjában halmozódhatott fel s annyira hasznossá, sőt — mondhatni — nélkülözhetetlenné vált a modern életnek minden folyamatában. Mindenben, a mi anyagi, a Nap állandó és áldásos jóltevőnk.

**A Nap távolsága az égi mértékegység.** — A Nap és a Föld középpontjainak kölcsönös távolsága a világegyetem hosszegysége. Ha ismerjük is az égi testek mozgásait és viszonylagos távolságait, valódi vagy abszolút távolságaikat csak akkor lehetséges meghatározni egész pontossággal, ha maga az alapegység szabatosan meg van állapítva. Olyanforma dolog ez, mintha valaki szál czeruzával meg akarná mérni a ház nagyságát; bizonyára ki lehet sütni, hogy a ház méretei a czeruzának hányszorosai, de az épület valódi nagyságát csak akkor ismerhetjük, ha megtudtuk, hogy mekkora a czeruza, vagyis a mértékegység. A Nap távolsága is ily hosszegység. Leirtuk már, mikép mérhető a Hold távolsága; de a Nap távolsága sokkal nagyobb, semhogy ily úton kaphassuk; a Földnek egész átmérője sem elég hosszú, hogy alkalmas alapja legyen annak a czingár háromszögnek, melyet vele az ellenlábás végpontjaiból a Naphoz húzott egyenesek alkotnak.

A távolságok meghatározásának e módja kellően csak úgy alkalmazható, ha a távoli tárgy és az alapvonal két végpontja által határolt háromszög kedvező alakú. Ily háromszög látható rajzunkon, mely azt mutatja, mikép mérhetjük közvetve a folyó szélességét azzal, hogy a bal parton a folyószélességével közel egyenlő nagy távolságot lemérünk. Nem kedvező alakú az a háromszög, melynek alapja a másik két oldallal összehasonlítva igen rövid. Ilyennek rajzát is bemutattuk a 157. ábrán, hol az alap (vagy a Föld átmérője) a



173. ábra

Mérés czéljából kedvező háromszög.

másik két oldal bármelyikének csak  $\frac{1}{30}$  része. Ugyanazon alappal annál kevésbé kedvező alakú a háromszög, minél távolabbra esik a tárgy. Minthogy a Nap távolsága a Holdénak közel 400-szorosa, az alapnak a másik két oldalhoz való viszonya csupán  $\frac{1}{11000}$ . Ezért a háromszög oly kedvezőtlen alakú, hogy a naptávolság meghatározásának közvetlen módszere már nem alkalmazható és más módszerekhez kell folyamodni.

**A Nap parallaxisának meghatározása.** — Azon ritka esetekben, midőn a Naphoz jóval közelebb álló Vénus pályáján pontosan közénk s a Nap közé lép, kis, fekete folt alakjában vonul végig a Nap fénylő tányérján. Ez századonként csak kétszer történik. Ha két észlelő Földünkön egymástól lehető nagy távolságban foglal állást, ők egy és ugyanabban az időben Vénust a naptányér különböző részeire látják vetítve, valamint a 156. ábrán lerajzolt tű a skálának más és más vonásával esik össze, ha hol az egyik, hol a másik nyílason nézzük. Ekkép Vénusnak a naptányéron látszólag leirt útja inkább dél felé esik, ha északra fekvő megfigyelési állomásról nézik, és inkább észak felé, ha délibb helyről figyelik meg. A két út különbségéből alkalmas módszerekkel kiszámítható az a szög, mely alatt a Napról nézve a Föld sugara látszanék, és ezen szöget nevezzük a Nap parallaxisának. A Nap középtávolságának megfelelő értékét középparallaxisnak mondjuk. Földünk egyenlítői sugara veendő alapul itt is, mint a Holdnál láttuk; hasonlóképp itt is horizontális parallaxisról beszélünk, ha a Nap a látóhatár szélén van és parallaxisa legnagyobb értékű. A nap egyenlítői horizontális középparallaxisának elfogadott értéke  $8'8''$ . Ennek értelme következő: a Nap oly messze van, hogy az az ember, a ki oda eljutna és onnan a Földet nézné, földgömbünket csak  $17'6''$  átmérőjűnek látná, tehát oly kis szög alatt, hogy szabad szemmel nem is láthatná. Legalább négy-ötszörös nagyítású táveső kellene e czélra.

**A Nap távolsága.** — A Nap parallaxisa és a Föld sugarának hossza azok az adatok, melyek alapján a háromszög-tani számítással a Napnak távolságát 149.5 millió kilométernyinek találjuk. Erre a fontos eredményre az *aberratio* útján

is jutunk. Ismerve a fény sebességét, könnyű kiszámítani, mekkora gyorsasággal kell a Földnek haladnia, hogy a csillagok aberratiójának az az ismert értéke keletkezzék, melyet az aberratio állandójának nevezünk. Így derítették ki, hogy a Föld tényleges sebessége másodpercenként  $29\frac{3}{4}$  kilométer. Ebből kiszámíthatjuk a pálya hosszát, melyet a Föld  $365\frac{1}{4}$  nap, vagyis egy év alatt megfut, következésképp a pálya átmérőjét is, melynek fele a Nap középtávolsága. Sok más és bonyolódott módja van a közép naptávolság kiszámításának; valamennyinek eredménye csekély bizonytalanságon belül egyforma. Ha a parallaxis értékeül  $0\cdot01''$ -cel kisebb mennyiséget veszünk fel, ez a távolságot már közel 170,000 kilométerrel növeli és megfordítja.

**A Nap nagyságának mérése.** — Ha ismerjük a Nap távolságát, nagyon könnyen észlelhetjük és számíthatjuk valódi méreteit is. Az eljárás hasonló ahhoz, a melylyel a Hold nagyságát meghatároztuk; az eltérést csak a napfénynek összehasonlíthatatlanul nagyobb erőssége okozza. Szemügyre nem a Napot veszszük, hanem egyszerűen kis nyíláson behatoló sugarak előidézte képét. Mindenki látott már besötétített szobában a függönyök, vagy az ablaktáblák résein beszűrődő napfényt. A padlón ilyenkor gyakran egész sor tojásdad napkép látható. Az ily kép átmérője *a*) a Nap átmérőjétől és *b*) attól függ, hogy mily messze esik az ablaktól. Minden egyes tojásdad korong a Napnak eltorzított képe. Ha fehér papírlapot merőlegesen tartunk a napsugár irányára, a tojásdad alakból kör lesz, melynek átmérőjét megmérhetjük. De minél közelebb viszzük a papírt az ablakhoz, annál inkább kisebbedik a kör. Ezért az ablaktól való távolságot is meg kell mérni. Válaszszunk oly időt, a midőn a Nap nincsen épen szemben valamely ablakkal, hanem egy órán belül kissé jobbra vagy balra áll tőle. Ha az ablakredőket becsukjuk és a léczeket forgatva besötétítjük a szobát, a napképek sorozata rendszerint láthatóvá lesz. Fogjuk fel e képeket fehér papírlapon és szemeljük ki gondosan a legélesebb körvonalút. Azonban úgy is tehetünk, hogy nyitott ablaktáblák, vagy redők mellett tüvel fűrt nyíláson bocsátunk napfényt az árnyékos térbe, mint rajzunkból látható. Terítsünk fehér papírlapot könyv födelére;

e könyvet úgy támaszszuk, hogy a papirlap síkját a Naphoz húzott egyenes mérőlegesen érje. Jól meghegyezett czeruzával húzzunk a papirlapon a fényes folt átmérőjénél kissé nagyobb távolságra két rövid, párvonalas egyenest és hátráljunk a papirlappal addig, míg a napkép a két vonal között épen kitölti. Mérjük meg a két vonal kölcsönös távolságát, továbbá nyujthatatlan zsinórral a nyílásnak a könyvtől való távolságát. Ezzel megtettünk mindent, a mi a megfigyeléshez szükséges.



174. ábra.

A Nap távolságának mérése.

**A megfigyelés kiszámítása.** — Valamint a Hold méreteinek ismeretes távolságából való kiszámításához, úgy a Nap méreteinek számításához is csak a hármasszabály kell. 1898 május 22-én a tüvel fűrt nyílás előidézte napképnek átmérőjét 2,98 centiméternyinek (1,175 hüvelyk) találták. A nyílásnak a képtől való távolsága 318,5 centiméter (10 láb 5·4 hüvelyk) volt. Áll tehát a következő arány:

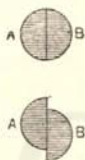
$$318,5 : 2,98 = 149.500,000 : x.$$

Ebből  $x = 1.399,000$  kilom.; kelletnél körülbelül  $\frac{1}{200}$ -dal nagyobb érték. De ekkora hiba nem meglepő, mert az alkal-

mazott módszer egy cseppet sem finom. Mindamellett észrevehetjük, hogy az elv egészen helyes. Kellő fogalmat szerezni a Nap iszonyú méreteiről: szinte lehetetlen.

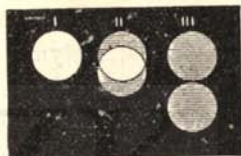
**A csillagászok mikép mérik a Napot?** — A csillagászok eljárása ugyanazon az elven alapul, melyet az imént magyarázhattunk; eredményeik csak azért pontosabbak, mert finomabb eszközökkel rendelkeznek és ezek használatában teljesen begyakorolják magokat. A Nap átmérőjének legújabban meghatározott és legpontosabb értéke 1.392,600 kilométer.

A legjobb eljárás annak a műszernek használatán alapul, melynek neve *heliométer* (a. m. napmérő). Ez középnagyságú, parallaktikusan felállított távcső, de lényegesebb eltérő saját-



175. ábra.

A heliométer kettéfűrészelt tárgylencséje.



176. ábra.

A Nap képe heliométerben.

sága az, hogy tárgylencséje,  $AB$ , kellő közepén ketté van metszve. Igen pontos mechanikai berendezés segítségével  $B$  félretolható  $A$  mentén, miként alsó rajzunk mutatja, a mozgás mekkorasága pedig leolvasható. Mielőtt a lencse két fele egymáshoz képest eltolódik, a Nap képe egyetlen fénylő kör, mint az ábra három képe közül a balról levő. Mihelyt forgatjuk a csavart, melylyel a tárgylencse két felét elcsusztatjuk, egymást részben fedő képek mutatkoznak, mint a II. középső rajzban; további csavarással pedig elérjük, hogy a két napkép egymást kívülről pontosan érinti, mint a III. (jobboldali) rajzban. A Nap átmérőjének végleges kiszámítása fárasztó és bonyolult feladat, mert nagyon sok körülményt és javítást kell figyelembe venni; de a heliométer a legpontosabb mérőeszköz mindazok között, melyekkel a modern csillagász rendelkezik. A mérési hiba, mely a heliométer használatakor becsúsztatik, nem nagyobb, mint az a látó-szög, a mely alatt

New-Yorkból a Chicagóban (vagy Budapestről a Párisban) elhelyezett labda tűnnék fel a nézőnek.

**A Nap golyóalakú.** — Minthogy a Nap a maga tengelye körül forog, egyenlítői átmérőit mindenféle irányban mérhetjük. Minthogy ez átmérők és a sarkokat összekötő átmérő között nem veszünk észre semmi különbséget, a Nap gömbalakú. Valódi átmérője nincsen változásnak alávetve; de látszólagos átmérője, mint már kifejtettük, napról-napra változik, épen oly arányban, mint a Naptól való távolságunk. Középertéke csaknem 32' (AUWERS szerint 31' 59' 26").

A Nap tényleges átmérőjét igen sok ok miatt nehéz meghatározni. Sugarainak melege felhevíti a levegőt, a melyen áthatolnak, miért is körvonala vagy széle majdnem mindig rezgő, hullámozó mozgásban látható. Másik ok az irradiatio, oly élettani hatás, melynek következtében erős fényű tárgyak mindig nagyobbaknak látszanak, mint a milyenek valósággal. Az irradiatio annál tetemesebb, minél inkább felülhaladja a szemlélt tárgy fénye a mögötte levő háttérét. A hiba, melyet a Nap átmérőjének számértékében elkövetünk, valószínűleg az egész értéknek  $\frac{1}{1000}$  része, tehát körülbelül 2". A 149·5 millió kilométernyi távolságban 1"-nyi iv 725 kilométernek felel meg, tehát a bizonytalanság a Nap átmérőjének értékében mintegy 1450 kilométer.

**A Nap térfogata, tömege, sűrűsége.** — Minthogy a Nap átmérője a földinek majdnem 110-szerese, a Nap térfogata közel 1.300,000-szer akkora, mint a Földé, a mennyiben a térfogatok a gömbátmérők köbeinek arányában növekednek. A Nap tömegét a XIV. fejezetben közölt módszerrel mérhetjük. Egyszerűen úgy fejezhetjük ki a dolgot, hogy a Nap tömegére vonzóerejének nagyságából következtetünk. Ha mind a Föld, mind a Nap egyforma távol van valamely meghatározott testtől, a Nap vonzása 330,000-szer tetemesebb lesz. Más szóval a Nap 330,000-szer nagyobb tömegű, mint a Föld. Oly testnek, mely a Nap nehézségerejének hatása alatt szabadon esnék, a Naphoz érve 625 kilométernyi végsebessége volna. Minthogy a Nap térfogata 1.300,000-szer akkora, mint a Földé, nyilván sokkal kisebb sűrűségű, mint a mi globusunk; minden anyaga, mely alkotó részét teszi, ugyanakkora méretek mel-

lett négyszer könnyebb, mint a Földön. A Nap sűrűsége nem egészen  $1\frac{1}{2}$ -szer kisebb, mint a vízé.

**A nehézség a Nap felszínén.** — A Föld súlya — emlékezzünk vissza reá —  $6 \times 10^{21}$  tonna. De a Nap súlya 330,000-szer akkora, tehát oly számmal kell kifejezni, melyet emberi elme nem foghat fel. Összehasonlítással legalább annyit érünk el, hogy viszonylagos értékeket véshetünk emlékezetünkbe. Több bolygó sokkal nagyobb térfogatú és tömegű, mint a Föld. De ha valamennyi bolygót összes kísérő mellékbolygóikkal együtt egyetlen golyóvá lehetne egybeolvasztani, ennek súlya a Nap súlyának még mindig csak  $\frac{1}{750}$  része volna. Bolygórendszerünk fényárastó középponti testének méretei oly roppant nagyok, hogy felszínén a nehézség korántsem oly tetemes, mint óriási tömegénél fogva várhatnók: csak  $27\frac{2}{3}$ -szor akkora, mint a Föld felszínén fellépő nehézség. A függőleges irányban leeső test az első másodperc letelte alatt 135 méternyi utat tenne. Emlékezzünk vissza a fürge athlétára, kiről azt mondtuk, hogy a Holdba kerülve, az ugrásban 12 méteres rekordot érne el. Ha a Napon próbálna ugrani, mozgását nem kis mértékben akadályozná két tonnás testsúlya, és nekiiramodással való magas ugrása, ha egyáltalában lehetséges volna, nem érné el a nyolcz centimétert. A Napba átvive, a közönséges ingaóra ingája oly gyorsan lengene, hogy a lengések számát alig lehetne megolvasni. Minden egyes ketyegés helyett, mely itt lenn hallatszik, ugyanazon idő alatt ötöt hallanánk.

**Mikép figyeljük meg a Napot?** — Ha távcsövünk nincsen külön berendezésű okulárral, úgynevezett helioskoppal ellátva, veszélyes dolog közvetlenül a Napba nézni, mert a nagyítót befödő sötét színes üvegen oly hősugarak hatolnak át, melyek a látóhártya finom pálcácskáira nagyon kártékonyan hatnak. Azonkívül a színes üveggel gyakran megesik, hogy a magasfokú hő hatására hirtelen elreped. Ha ily baleset akkor történik, mikor valaki épen néz a távcsövön, körülbelül bizonyos, hogy a látóhártyáján fekete folt keletkezik és retinájának az a helye állandóan érzéketlen marad, végzetes hasonmásául a fotografiai túlexponálásnak. Tanácsosabb tehát nem közvetlenül a Napot nézni, hanem inkább vetített képét, mint rajzunkban

ábrázoljuk. A távcső csövéhez kártyapapír-ernyőt illesztünk, melynek oldalhossza 60—90 centiméter, és a réseket, a melyeken a cső körül a fény behatolhatna, vászonnal vagy papírral kell betömni. A csőhöz szorosan erősített nagy ernyő azért szükséges, hogy a közvetlen napfény ne essék az alsó papírvre, melyre a Nap képét vetítjük. Kézben is tartjuk a papírvet, de sokkal jobb könnyű keretre húzni, mely a távcső csövéhez csavarral erősített rúdnak mentében elcsúsztatható. Ez utóbbi esetben a papírv mindig könnyen



177. ábra.

A Nap felülete vetítésben.

merőlegesen állítható a távcső tengelyére, és a napfoltok tettség szerint hol nagyobbaknak, hol kisebbeknek látszanak, a szerint, a mint a keretet a nagyítótól távolítjuk vagy hozzá közelítjük. Gondos beállítás a gyújtópontba szükséges, s ez mindannyiszor ismétlendő, a hányszor a papiros és a nagyító között való távolságot változtatjuk. Ily módon egy és ugyanazon időben tíz-tizenkét ember is kényelmesen vizsgálhatja a napfoltokat, minden veszély és alkalmatlanság nélkül. A felület szemcsézete, valamint a fáklyák vagy fehér foltok szépen láthatók. Ha a távcső nagy, a nagyítót alkalmilag ki kell venni, hogy kihüljön, de közönséges zsebtávcső is elég fényt

gyűjt össze, hogy a foltok és a Nap felszínének egyéb részletei láthatókká váljanak.

**A fotoszféra.** — A fotoszféra a Napnak az a szemcsés burkolata, melyből fénye kiárad. Fotografiánkból látható, milyen a rendes szerkezete. A pettyegetett külszín reális jelenség. A rizkására emlékeztető szerkezet közepszerű nagyító erejű távcsővel is mindig látható, mert egy-egy szem 800 kilométernyi



178. ábra.

Fotoszféra (Janssen fotografiája).

átmérőt képvisel. A láthatóság legkedvezőbb feltételei mellett és ha a nagyítóképeséget tetemesen fokozzuk, az egyes szemek apró szemcskékre oszlanak. A fotoszféra felett uszkálva és kivált a Nap széle körül nagy számban, szabálytalanul egymás mellé sorakozva, rendszerint fehér foltok láthatók, az úgynevezett *fáklyák*. Bizonyos, hogy eme fáklyák, ha nem is mindannyian, emelkedések, mert némelyik a naptányér szélén már kinyulónak is látszott. Mint később látni fogjuk,

a fáklyák övekben húzódnak végig az egész Napon, de a korong szélén mégis legszembetűnőbbek, mert azon a tájon a fotoszféra fénye gyengébb, mint egyebütt, minthogy ott vastagabb a Nap légköre, melyen a fotoszférából érkező sugaraknak át kell haladniuk.

**A Nap foltjai.** — Gyakran roppant nagy fekete foltok láthatók a fotoszférán. Rendszeresen sötét közepük van, melynek neve umbra (árnyék) és valamivel világosabb szegélyök, úgynevezett penumbra (félárnyék vagy udvar), mely sötétebb a külső szélén, világosabb az umbra felé és gyakran nádfödélre



179. ábra.

Erősen nagyított napfolt (Secchi nyomán).

emlékeztető, szálás szerkezetű, miként SECCHI rajzában (úgyisintén a 6. lapon) látható. Bár alakra és nagyságra igen különbözők, fejlettségük középfázisában rendszeren körformájúak, azonban keletkezésük és eltűnésük idején szabálytalan alakúak.

A sötét umbra nem egyformán fekete egész terjedelmében; időnkint fénylő anyagból keletkezett foltokat vagy szemecskéket látunk uszkálni az alsó sötét régiók felett. Olykor apró kerek foltocskák jelennek meg, magvak (nucleus), melyek az umbránál sötétebbek és talán nyílásai a felszínnek, melyen még nagyobb mélységbe pillanthatunk. Ugyanis maguk a napfoltok majdnem mindig mint a fotoszféra mélyedései látsza-

nak, és voltak esetek, hogy a Nap szélén valóságos csorbulás alakjában jelentek meg, mint rajzunk mutatja. Ha a napfolt legalább 43,000 kilométer átmérőjű, távcső nélkül is, szabad szemmel mint igen kicsiny fekete folt látható. Alkalmilag ennél nagyobb foltok is akadnak és 80,000 kilométer átmérő sem példátlan. A legnagyobb napfoltot, melyről tudunk, 1858-ban figyelték meg; átmérője meghaladta a 240,000 kilométert és a Nap egész felületének  $\frac{1}{35}$  részét borította.

**Fátyolozott foltok.** — Fátyolozottnak az olyan ködszerű sötétes foltot szokás mondani, a milyen helylyel-közzel a napkorong bármilyen részén, sőt még a sarkok tözsomszedságában is látható. Efféle foltoknak amúgy sem éles körvonalai igen gyorsan változnak. Ámbár eddig még behatóan nem figyelték,



180. ábra.

A folt gyakran depressio a Nap szélén.

mégis a közönséges foltokkal rokontermészetűeknek tekintik, csak az erő, mely létre hozza őket, nem elég hatalmas, hogy a fotoszférát szétszakítsa. Fölöttük gyakran fáklyák láthatók.

**Foltok alakulása és eltűnése.** — Minden egyes folt vagy foltcsoport a maga módja szerint, függetlenül alakul. Az alakulási folyamat néha nagyon fokozatos, heteken át tartó, de oly eseteket is ismerünk, hogy a folt néhány óra alatt teljesen kifejlődött. Mikor véglegesen kialakult, nagyjában kerek, de a mint enyészésnek indul, úgy látszik, hogy a környező anyag az umbrához közeledik, ott felhalmozódik, mintha — összeomolva zagyva keverékben — üreges mélyébe zuhanni készülne. Ilyesmi valószínűleg meg is történik. Gyakran a félárnyéknak nyelv alakú nyujtványai tódulnak az umbrába (ez a folyamat le is van rajzolva a 6. lapon), és ez rendszeren annak a jele, hogy kezdődik a gyors hanyatlás és feloszlás. A tátongó hasadék mintha ki volna töltve; csak csekély zavarodás a

felületen (melyet gyorsan eloszló fáklyák vagy fehér foltok környeznek), marad rövid ideig, mely jelzi a helyet, a hol a folt állott. A Napon végbemenő tűnemények közül egy sem figyelhető meg oly könnyen, mint a foltok. Némelykor kivételes zavaró okok oly rohamos és erőszakos mozgást létesítenek, hogy roppant változások, már néhány perc lefolyása alatt, a megfigyelő szemeláttára is észlelhetők.

**A foltok tartama és eloszlása.** — A Nap tengelyforgása következtében a foltok gyakran a korong egész szélességén vonulnak át, de perspektívan megrövidülnek és elliptikusokká válnak, a mint a korong széléhez közeledve eltűnnek. Rajzunk szemlélteti, mily módon történik ez. Ha valamely folt két hétig



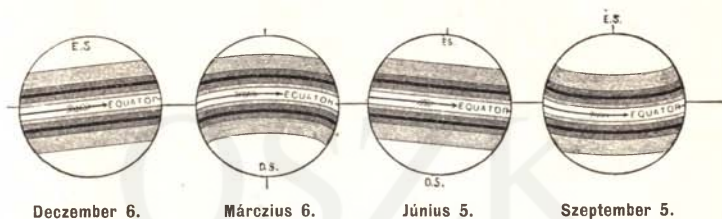
181. ábra.

Ugyanaz a folt a Nap szélén és közepén.

vagy tovább is fenmarad, újból láthatóvá lesz, midőn a Nap tengelyforgása miatt körútjának felét megtette. Mikor a folt a keleti szélén másodszor mutatkozik, eleinte elliptikus és igen keskeny, csak fokozatosan szélesedik és ölti igazi alakját azon mértékben, a mint mindinkább egyenesen szembe kerül a Földdel. A foltok átlag két-három hónapig maradnak meg; némelyik azonban csak egy hétig, vagy néhány napig, sőt óráig. A leghosszabb időt érte — tudomásunk szerint — az, mely 1840- és 1841-ben 18 hónapig megvolt. A foltok a nap-tányérnak nem minden részén mutatkoznak, hanem majdnem mindig az egyenlítő mindkét oldalán álló két övre szorítkoznak, mely  $5^{\circ}$ — $30^{\circ}$  szélességig terjed. Legtöbb a folt a Nap szélességének 15-ik foka alatt, mind északra, mind délre az egyenlítőtől, azzal a különbséggel, hogy az északi féltekén valamivel több van, mint a délin.

A Nap egyenlítője az ekliptikához körülbelül 7 foknyi szög alatt hajlik, miért is a foltok övei és pályái hol egyeneseknek, hol görbülteknek látszanak a Nap korongján, mint az év különböző szakaira vonatkozó rajzainkon látható. Márczius elején a Napnak déli, szeptember elején az északi sarka fordul lehetőleg legközelebb felénk. A Nap tengelye észak felé meghosszabbítva a Delta-Draconis (a Sárkány csillagképben) metszené az égboltot. Áprilisban a Nap tengelye nyugat felé 25 foknyira hajlik el a Nap középpontján átmenő órákörtől; októberben ugyanekkora az elhajlás kelet felé.

**A Nap foltjainak időszakisága.** — Nem mindig egyforma számban mutatkoznak a foltok a Nap felületén. Olykor szá-

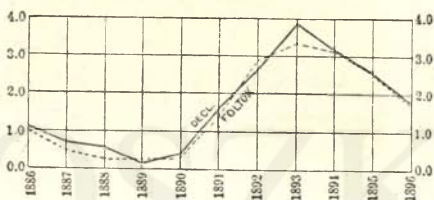


182. ábra.

A foltoknak látható átvonulása a Nap korongján.

zával vannak, de napok, sőt hetek is mulhatnak úgy, hogy egyetlen egy folt sem látható. Most már tudjuk, hogy jól felismerhető időszakiságuk van. A foltok száma lassankint fogy, egyszersem mindig alacsonyabb szélességekben tűnnek fel, és gyakoriságuk akkor a legkisebb, midőn ez a szélesség északon és délen  $5^\circ$ . Majd meglehetősen hirtelenséggel beáll az egyenlítő mindkét oldalán körülbelül 30 fok szélesség alatt a foltok tömegesebb fellépése; számuk és nagyságuk folyton nő a maximumig, melyet ismét szám, nagyság és szélesség tekintetében észlelhető hanyatlás követ. Minthogy a magasabb szélességekben a foltok újabb fellépése az alacsony szélességű foltok végleges eltünése előtt mintegy két évvel kezdődik, ebből az következik, hogy a minimum közelében a foltok, bár számuk csekély, négy keskeny övben helyezkednek el, melyek közül kettő alacsony és kettő magas szélességben van. Az

egész körfolyamat, vagy a foltok gyakoriságának periodusa tizenegy év és egy hónap. A minimumtól a maximumig rendszeresen mintegy öt év telik el, a maximumtól a minimumig körülbelül hat év. A szélesség szerint való ingadozás *SPOERER zónatörvényének* nevére ismeretes. Ha az igazi időszakosság meghatározójául nem csupán a foltok teljes számát, hanem a zónák szabálya által befolyásolt számát tekintjük, akkor a napfoltok gyakoriságának igazi ciklusát, úgy látszik, 14 évnek kell vennünk, mert újabb öv magasabb szélességben már fellép, mikor a régi még megvan az egyenlítő közelében. Sem a zónatörvénynek, sem magának az időszakiságnak okát nem ismerjük. Az utóbbiban valószínűleg eruptív erők játszanak



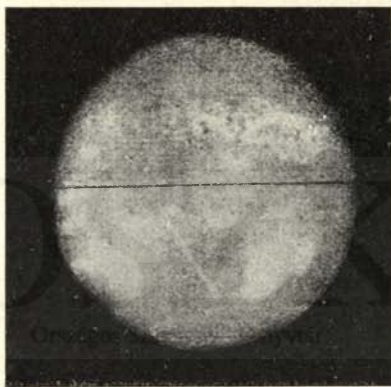
183. ábra.

Napfoltok száma és mágneses declinatio.

közre, melyek a folt-minimum idején féken tartatnak. A legutolsó maximum 1893-ban következett be, a legutóbbi minimum pedig 1901-re esett.

**Hat-e napfolt a Földre?** Mikor a foltok száma a legnagyobb, a sarki fény is leggyakrabban és legragyogóbban jelentkezik és az obszervatóriumokban finoman felállított mágnesűk, melyek lengéseit érzékeny készülékek jelzik, heves ingadozásaikkal határozottan tanúsítják a mágneses zivatarok hatását. E hatásokat azonban csak kimutatni tudjuk, magyarázatuk még hiányzik. *WOLFER* nyomán lerajzolt ábránkból kitűnik, hogy mennyire összevágóan tartott lépést a foltok gyakorisága a mágnesű ingadozásaival 1886-tól 1896-ig. Oly időben is, a midőn a legtöbb folt és a legnagyobbak láthatók, egy ezeredrészszel sem csökken a Naptól érkező hőmennyiség, és a foltok időszakosságának bármely befolyása az időjárásra oly csekély, hogy észre nem vehetni.

**Fáklyák.** — A Nap fényes felületén majdnem mindig még fényesebb foltok vagy erek láthatók, melyek sok ezer kilométer hosszúságúak és bármely földi kontinensnél nagyobbak. Ezen úgynevezett fáklyákat HEVELIUS fedezte fel Danzigban, a XVII. század közepe táján. Úgy képzeljük, hogy a felületnek kiemelkedő részei tarajos fénylő tömegek, melyek a fotoszféra rendes és nagyobb sűrűségű szintje fölé tolulnak. A fáklyák kiváltképp a foltok körül számosak. A Nap légköre saját fényének tetemes részét nyeli el, úgy hogy a korong fényereje széle felé minden irányban fokozatosan csökken.



184. ábra.

Szemmel nem látható fáklyacsoportok 1893 augusztus 7.  
(Hale fotográfiája nyomán.)

Ez okból a fáklyák a Nap széléhez közel legjobban láthatók ugyan, de egész öveket alkotva behálózzák a Nap egész korongját és a később leírandó spektroheliográffal bármikor fotografozhatók, habár rendes megfigyelés róluk számot nem ad. Ezek a láthatatlan fáklyák legszámosabbak a napfoltok öveiben. Bizonyosságunk van rá, hogy némely fáklya izzó calcium-felhő, mely elemnek a Napban nagy a szerepe. A láthatatlan fáklyák — úgy látszik — a fotoszférára vetített protuberantiákkal vannak kapcsolatban.

**A Napnak tengelyforgása.** — A legállandóbb foltok legbiztosabb módot szolgáltatnak a Nap tengelyforgási tartamának

meghatározására. Számos megfigyelés útján találták, hogy a Nap egyenlítőjéhez közel álló és elég hosszú életű folt, a korong középpontjából kiindulva  $27\frac{1}{2}$  nap múlva ér vissza a középponthez, miután keletről nyugot felé megjárta a Napot. De minthogy ezalatt a Föld is kelet felé mozgott, a Nap tengelyforgási ideje a csillagokhoz viszonyítva  $25\frac{1}{4}$  nap. Ez a valódi vagy sziderikus forgásidő. A Nap külső burkolata nem merev, mint a Földé; és úgy találták, hogy az egyenlítővel távolabb eső foltok annál nagyobb forgási időt adnak, minél magasabb a szélességük. A szélesség 45-ik foka alatt a Nap forgási ideje körülbelül két nappal nagyobb, mint az egyenlítő tájékán. A szélesség 75-ik foka alatt a forgási idő, DUNÉR spektroszkóppal végzett megfigyelései szerint,  $38\frac{1}{2}$  nap. YOUNG, CREW és mások hasonló eljárással az egyenlítői tájékon határozták meg a forgási időt. Miért nagyobb a forgási sebesség az egyenlítőnél: erre még kielégítően nem felelhetünk.

Úgy látszik, hogy a fáklyák tengelyforgásai más törvényt követnek, mint a foltok, mert függetlenül attól, hogy mily szélesség alatt vannak, kevesebb idő alatt járják körül a Napot, mint a foltok. A Nap színképének számos vonalát gondosan méregetve, JEWELL úgy találta, hogy a Nap egyenlítőjénél mutatkozó gyorsabb mozgás legnagyobb a légkör magasabb vagy külső rétegeiben, és a különbség a Nap belső és külső légkörének forgásidejénél több napot tesz ki.

**A spektroszkóp.** — Kis nyíláson behatoló fénynyaláb útjába állítsunk hasábot. Ez megtöri és színekre bontva bocsátja ki magából a fénysugarat. Az egész nyaláb meg van ugyan törve, de nem egyformán; a vörös fény legkisebb, az ibolyaszínű fény legnagyobb mértékben hajlik el. Az ily módon keletkező sokszínű kép neve spektrum, színkép. A fehér fénynek nem egyforma törését és színes alkatrészeire való szétbontását szín-szóródásnak, dispersionsnak mondjuk. Ezen alapulnak a színképi elemzésnek elvei, melyek segítségével a világító testek természetét és összetételét az általuk kibocsátott fény útján tanulmányozhatjuk. A spektroszkópnak rendszerint négy része van; ezek: 1. *S* igen keskeny rés, melyen a fénysugár bejut; 2. *A* kollimátor, lényegében gyűjtőlencse, melynek gyűjtőpontjában helyezzük el a rést; 3. *P* hasáb (prizma), össze-

hajló síkokban csiszolt üvegtest, mely a szinkép előidézéséhez megkívánt színszórást végzi; 4. *BE* megfigyelőtávcső, mely a szinkép különböző részeinek tanulmányozására szolgál. A mai nap divó kutatások céljából, melyekben a fotográfia fontos szerepet játszik, a spektroszkóp rendszerint úgy van szerkesztve, hogy az okulár eltávolítható és lemeztartóval helyettesíthető. Ekkép a szinképeket fotografálhatjuk, hogy később kényelmesen vizsgálhatók legyenek. Rajzban bemutatunk egy modern, fotográfiai működésre is berendezett spektroszkópot (186. ábra). A fénysugarak a baloldali felső csövön lépnek be.

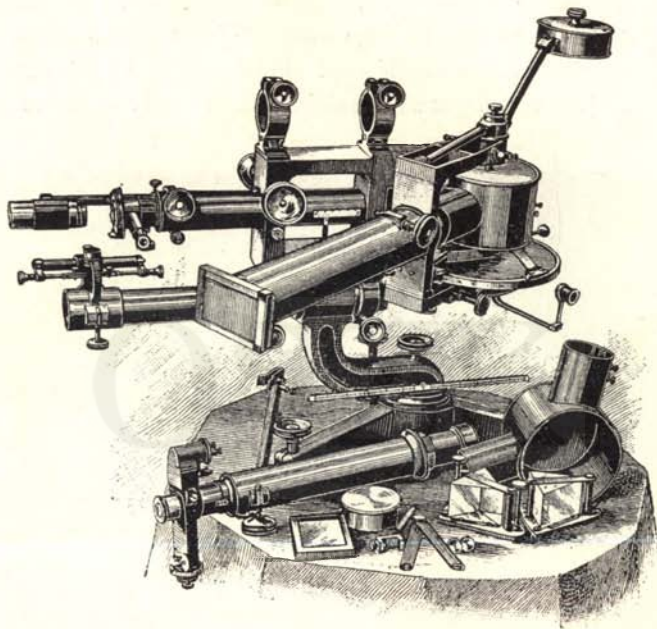


185. ábra.

Egyszerű spektroszkóp vázlata.

**Folytonos szinkép és Fraunhofer vonalai.** — Ha gyertyát állítunk a rés elé, folytonos szinképet kapunk. Folytonos az oly szinkép, melyet sem fényes, sem sötét vonalak nem szakítanak meg; benne a színek a vöröstől az ibolyáig folytatólagos, szakadatlan átmenetet alkotnak. Ha a gyertyafény helyett napsugár a fényforrás, lényeges különbséget veszünk észre; első tekintetre most is folytonosnak látszik ugyan a szinkép, de közelebbi vizsgálat kideríti, hogy a fényszalagot derékszög alatt nagyon sok finom sötét vonal keresztezi, mely különböző szélességű és feketeségű és látszólag minden rend nélkül sorakozik.

Az ily szinkép szaggatott szinkép. A sötét vonalakat FRAUNHOFER-féle vonaloknak nevezik FRAUNHOFER-ről, ki először készítette a prizmás szinképben való helyzetökről rajzot. A jobban észrevehető vonalakat az *ABC* első betűivel jelölte; az *A* vonal a vörös részben van, a *H* vonal az ibolyában. E vonalok minősége és a szinképben elfoglalt helyzete nagyjelentő-



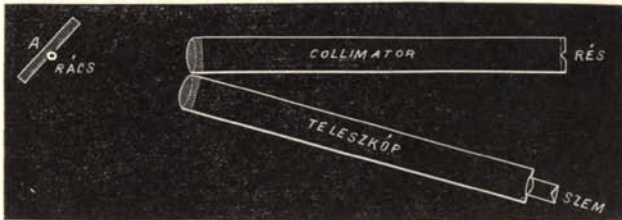
186. ábra.

Brashear univerzális spektroszkópja (fotografiai kutatásokra).

ségű, mert általok ismerhetjük fel a chemiai elemeket, melyek a világitó testeket, különösen a Napot alkotják.

**Normális napszinkép.** — Ha a szinképet hasábon áthaladó fénysugarak alkotják, mint már lerajzoltuk (a 297. lapon), a sötét vonalak viszonylagos helyzete az anyag szerint változik, melyből a hasáb készült; különböző anyagú hasábok szinképének egyes részeiben a színszóródás nem lesz egyenlő. Ezért más módot találtak a szinkép előidézésére; a sugarak (187. ábra) *A* rácstről verődnek vissza, mely úgy készül, hogy csiszolt

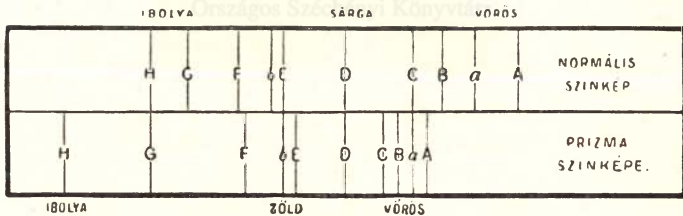
tükörfém-felületen gyémánt-hegygyel czentiméterenkint vagy 800—1000 vonalat karczolunk pontos közökben; ily módon diffractiós (elhajlási) színek keletkeznek, melyben a színszóródás teljesen független a rács anyagától; az ily színek neve tehát *normális napszínkép*, mert a sugarak színszóródásának nagysága hullámhosszaikkal arányos.



187. ábra.

Diffractiós spektroszkóp vázlata.

Rajzunk a színek két nemének összehasonlítását adja. A színek közepére a nátrium sárga *D* vonala esik. A normális színekhez képest a hasábszínképben a vörös rész nagyon összeszorul, az ellenkező ibolyaszínű szélső rész nagyon ter-



188. ábra.

Egyenlő hosszúságú normális és hasábszínkép (mindkettőnek közepe a *D* vonal),

jengő. A legfinomabb rácsok a ROWLAND tökéletesítette osztó-gép segítségével készülnek. Ez a gép oly szabatosan működik, hogy egy czentiméteres fémllemezen 8000 vonalat húzhatni vele, de rendszerint e számnak tizedrészével is beérjük.

**Nagyszórású spektroszkópok.** — A színek hossza a színszóródás fokával változik. Könnyen érthető, hogy minél tetemesebb a színszóródás, annál nagyobb hosszúságra oszlanak

el a szinkép sötét vonalai és annál inkább szét is válnak egymástól. Olyan ez éppen, mintha a nagyítást növelnők. Tehát minél tetemesebb a szinszóródás, annál nagyobb számú vonalat láthatunk és fotografálhatunk.

Ha a szinszóródásnak oly foka kívánatos, melyet *egy* hasáb magában nem idézhet elő, több hasábot szokás összeállítani, mint rajzunk mutatja. A fénysugár a kollimátor lencséjéből a baloldalon lép ki és több hasábon áthaladva egész körutat



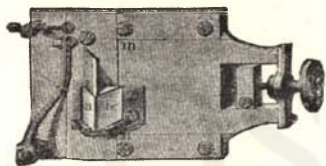
189. ábra.

Erősen szóró prizmás spektroszkóp.

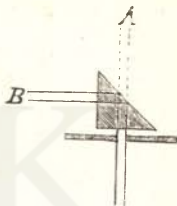
tesz, miközben a szinszóródás mind tetemesebbé lesz, mint a fokozatosan szélesedő fényszalag is jelzi, mely végtére a jobb oldali észlelő távesőbe lép. Ha a hasákok és mellékkészülékek valamely nagy távesőre szilárdul oda vannak erősítve a máskor használatos okulár helyett, a két műszer ilyenén összekapcsolását némelykor *telespektroszkóp*-nak mondjuk. A diffractiós spektroszkópon a nagyobb hatást azzal érzük el, hogy magasabbrendű szinképekre megyünk át, minek az a módja, hogy a rács hajlásszögét a szükséges másod-, harmad- vagy negyedrendű szinképnek megfelelőleg változtatjuk. Azonban mindenképp annál inkább gyöngül a szinkép minden részének

fényessége, minél magasabbrendű, a mi a gyakorlati alkalmazásnak csakhamar bizonyos határt szab.

**A színekép-elemzés alapelvei.** — A színekép-elemzés elméletének alapelveit 1858-ban KIRCHHOFF a következő három tömör és tartalmas tételben foglalta össze: 1. Szilárd és folyékony testek, valamint magas nyomásnak kitett gázok, ha fehérén izzók, folytonos színeképet adnak. 2. Alacsony nyomás alatt levő gázok színeképe szaggatott; fényes vonalok keresztezik, melyeknek száma és helyzete az elpárolgó anyagok minősége szerint változik. 3. Ha a gázon fehér fény hatol keresztül, a gáz elnyeli mindazokat a sugarakat, melyek hullámhossza ugyanaz, mint a saját vonalos színeképéé. Ép ezért sötét vonalok vagy csíkok pontosan azt a helyet foglalják el, mely



190. ábra.



191. ábra.

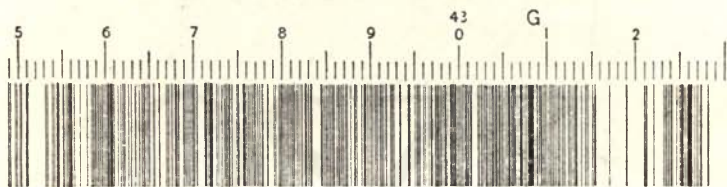
Rés és összehasonlítási prizma.

Sugármenet az összehasonlítási prizmában.

magának a gáznak színeképében a jellemző fényes vonalokat illeti meg. Ezt az elméletileg helyes tételt könnyű kísérletileg is szemléltetni és igazolni. A fentebbi három alapelv teljesen megmagyarázza a Napnak szaggatott színeképét és az azt átszelő FRAUNHOFER-féle vonalok sokaságát.

**A Nap színeképének fotografálása.** — A színeképi elemzésnek imént előadott elvei világosan utalnak arra, hogy mikép tudhatjuk meg, milyen elemekből áll a Nap. Az eljárás az, hogy lerajzoljuk vagy lefotografáljuk a Nap színeképének vonalait, melléje pedig sorban azon földi elemek színeképeit, melyekről gondoljuk, hogy a Napban előfordulnak. Elérhetjük ezt *ab*, rajzunkban előtüntetett összehasonlító hasáb segítségével, mely *m* rés egy részét befödi. A napsugarak *B* felől érkeznek, az összehasonlító hasádba hatolnak, ott teljesen visszaverődnek és a résen áthaladnak (rajzunkban lefelé). Ezért úgy

látszik, mintha *A*-ból jönnének, a honnan a vizsgált gőzzé vált anyag sugarai tényleg érkeznek; minthogy pedig a mindkét fajtájú sugarak a spektroszkópon végig egymás mellett haladnak, a látómezőben a Nap és a földi anyag szinképe is egymás mellett jelenik meg. Ily módon nagyon megkönnyíthető a spektrumok vonalonként való összehasonlítása. Baltimoreban ROWLAND és Liverpoolban HIGGS nagy sikert aratott a Nap szinképeinek fotografálásával. Rajzunk HIGGS fotografiájának egy kis részét, mely a *nagy G csoport* néven ismeretes, tetemesen nagyítva mutatja. E csoport vonalai az indigószínű részben vannak. Sok száz sötét vonalat Földünk légkörében történő fényelnyelés idéz elő a Nap szinképeiben. Ezeket légköri (*tellurikus*) *vonatoknak* nevezik és számuk, valamint erősségük vál-



192. ábra.

A Nap szinképeinek nagy *G* csoportja (Higgs fotografiája).

tozása, mint JEWELL és mások kimutatták, kitünő módot szolgáltat a légkör vízpáramennyiségének meghatározására.

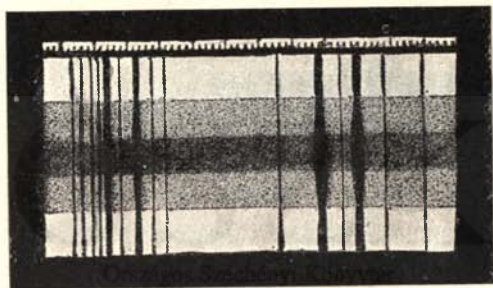
**A Napban eddig felismert elemek.** — A Nap és a földi elemek szinképeinek ily összehasonlítását annyira fejlesztették, hogy most már mintegy 40 ily elemről tudjuk, hogy a Napban előfordul. Ezek között (ROWLAND és mások szerint) van:

(Ag) Ezüst	(Cu) Réz	(Sc) Scandium
(Al) Alumínium	(Fe) Vas	(Si) Silícium
(Cd) Cadmium	(H) Hidrogén	(Ti) Titánium
(Ca) Calcium	(Mg) Magnézium	(V) Vanádium
(C) Szén	(Mn) Mangán	(Y) Yttrium
(Cr) Chromium	(Na) Nátrium	(Zn) Czink
(Co) Kobalt	(Ni) Nikkel	(Zr) Zirconium.

Valamely elem felismerésének biztossága két dologtól függ: a) a szinképi vonalak egyezéseinek számától, b) a vonalak inten-

zításától. Intenzitás dolgában a calcium a legelső helyet foglalja el, de a vasnál fordul elő a legtöbb vonal, több mint 2000 egyezéssel. Mindent összefoglalva azt lehet mondani, hogy a vas, calcium, hidrogén, nikkell és nátrium a leghatározottabban jelentkeznek. RUNGE biztos tanújeleit találta a Napban az oxigénnek. Chlor és nitrogén, a Földön igen bőven található elemek, továbbá arany, kéneső, foszfor és kén nem mutathatók ki a Nap szinképében.

**Napfoltok szinképe.** — Ha magának a Napnak szinképe bonyolódott, a napfolté még inkább az. Nagyszámú finom fekete vonalat látunk benne, mely nagyobb mérvű gáz-absorb-tióra utal, mint a milyen a Napon általában uralkodik.



193. ábra.

Vonalszélesedés napfoltok spektrumában.

A közönséges napszinképnek néhány Fraunhofer-féle vonala nemcsak sötétebb, hanem szélesebb is a folt szinképében, miként rajzunk is mutatja. A közepe táján hosszában elhúzó sötét sávoly az umbrának szinképe; fölötte és alatta pedig a félárnyék két oldalának sokkal kevésbé sötét szinképei vannak. A vonalok vastagodása leghatározottabb az umbrában és fokozatosan csökken mindkét oldalon a félárnyék szélei felé. Ezeknek a tetemesen vastagodott vonaloknak közepét nem ritkán keskeny fényes vonal töri át; ez az úgynevezett kettős megfordítás. Mindig áll az a folt szinkép *H* és *K* csikjaira nézve. Számos folt szinképei megerősítik azt a nézetet, hogy magok a foltok depressziók. Alkalmilag a folt felett lévő gázoknak felénk irányuló vagy tőlünk eltartó erőszakos mozgását vesz-

szűk észre; ennek eredménye a szinképben a sötét vonalok elcsavarodása vagy elágazása. Az elcsavarodás nagyságát és irányát megmérve kiszámíthatjuk, vajjon felénk zúdulnak-e a gázok, vagy eltávoznak és milyen sebességgel. Ritka alkalmakkor e sebesség másodpercenként 300—500 kilométerre is rugott. Az egyszerű elv, melynek alapján ez a számítás lehetséges volt, DOPPLER *elvé*-nek nevéen ismeretes; az utolsó fejezetben meg fogjuk magyarázni.

**A bolometer.** — Ha növekedik valamely fém hőmérséke, rosszabbul vezeti az elektromosságot; ha lehül, jobb elektromos vezetővé lesz. A vas — 300° C-on majdnem oly jó elektromos vezető, mint a közönséges hőmérsékű réz. E nevezetes összefüggés alkalmazásán alapul a *bolométer* elve. Fő alkotó része vékony platinaszalag, mely finom hajszálhoz, vagy durva



194. ábra.

Láthatatlan hőspektrum (Langley fotografája).

pókfonalhoz hasonlít. Körülbelül fél centiméter hosszú,  $\frac{1}{20}$  milliméter széles és oly vékony, hogy 10,000 ily szál egymásra fektetve egy centiméter vastag volna. A bolométerszálat elektromos áramkörbe kapcsolva, a Fraunhofer-féle vonalokkal párvonalosan a szinképnek a vörösön innen fekvő részein lassan végig toljuk, Annyira érzékeny e műszer, hogy oly felfoghatatlanul csekély hőmérséklet-változást, mint *egy* Celsius foknak  $\frac{1}{1,000,000}$  részét, már megmutatja.

**A napszinképnek a vörösön innen való része.** — A Nap szinképének vörös része határán és azon túl fekete csikoknak kiterjedt tájéka van, mely az emberi szemnek teljesen láthatatlan, mindazonáltal teljes biztonsággal fotografálták. Azonban az aktinikus vagy vegyi hatású fény ereje nagyon csekély e tájon, és így a közvetlen fotografálás bajos. LANGLEY elmés automata-gépezettel, melyet bolométerrel vagy spektrobolométerrel kapcsolatban alkalmazott, a Nap hőspektrumát lefotografálta oly alakban, hogy a normális szinképpel összehason-

litható. Rajzunkban a hőspektrum sötét csikjai láthatók. A láthatatlan spektrum rendkívül hosszú, tizszer akkora, mint a Nap világitó sugarainak színe, mely ugyanazon mérték szerint rajzolva  $A$ -tól balra alig plajbász vastagságú helyet foglalna el.

**A Nap színekének ibolyántúli része.** — Ha a Nap színekének azon részeit vizsgáljuk, melyek az ibolyán túl vannak, a fényerő oly gyorsan csökken, hogy a vonalak szemmel többé nem láthatók. Mindazonáltal a színek e tája könnyen fotografálható, mert benne a chemiai intenzitás igen nagy. CORNU csakugyan el is készítette a láthatatlan ibolyántúli spektrum fotografiáját, melynek hossza sokszorosan meghaladja a látható színekéét. Hogy tulajdonképp hol végződik az ibolyántúli színekép, pontosan nem tudhatni, mert szélső része hirtelen megszakad a földi légkör elnyelése következtében.

**Hogyan különböztethetők meg a Nap és a légkör vonalai? —**

Minthogy a Nap színekének sötét vonalait nemcsak a mi légkörünkben, hanem a Nap légkörében végbemenő elnyelés okozza, lényeges dolog, hogy a kétféle vonalakat valami módon megkülönböztethessük. Az egyik mód DOPPLER elvének alkalmazása. A spektroszkópot úgy állítjuk fel, hogy a nap-sugár először kis, ide-oda lengő tükörrre esik, mely hol a Nap keleti, hol nyugati széléről érkező sugarakat vetíti a résre. A Nap tengelyforgása miatt keleti széle közeledik hozzánk; ezért színekében tényleg a Naphoz tartozó vonalak eltolódnak az ibolyaszín felé. Hasonlóképp a Nap nyugati szélétől származó vonalak a vörös felé tolódnak, mert ez a széle eltávolozik tőlünk. Minthogy a tükör ingásokat végez, a Nap légkörében való elnyelés okozta Fraunhofer-féle vonalak is előre és hátrafelé rezegnek, mintha a színeképet ráznók; ellenben a saját légkörünkben elnyelés következtében keletkezett vonalak az egész idő alatt mozdulatlanok maradnak. Ezt a vizsgálódási módszert CORNU-nak köszönjük.

**A Nap légkörének elnyelése.** — A Nap saját légkörében történő elnyelés nemcsak csökkenteni a Földnek jutó napfény mennyiségét, hanem minőségét is megváltoztatja. LANGLEY kimutatta, hogy ha e légkörnek elnyelő képessége nem volna, kétszer-háromszor fényesebbnek látszanék a Nap és egyszersmind kékes színben ragyogna, mint az elektromos ívfény.

Vetítsük a Nap teljes képét ernyőre, mint mikor a folto-  
kat vizsgáljuk. Határozottan észre kell vennünk, hogy egészen  
más a fényerősség a korong közepén, mint szélein. Végezzük  
a rajzunkban feltüntetett kísérletet. A hol a Nap képe az  
ernyőre esik, szúrjunk lyukakat két helyen, úgy, hogy két  
sugárkéve hatolhat keresztül s érheti a második ernyőt.  
Az egyik sugárkéve a napkorong széléről, a másik a köze-  
péből jő s a két kép fényereje nagyon felötlőn különbözik  
egymástól fényerősség tekintetében. Erre vonatkozólag a foto-



195. ábra.

A Nap korongja  
középen sokkal  
fényesebb, mint  
széle felé.

méterrel méréseket is végezhetünk. A Nap  
korongjának fénye a szélén csak két ötöde  
a középpont fényének. Ez az összehasonlítás  
csak oly sugarakra vonatkozik, melyek a szín-  
kép vörös és sárga részét idézik elő. Ha  
ugyanilyen összehasonlítást végezzünk a kék és  
ibolya sugarakra nézve, melyek a fotografus  
lemezére hatnak, az elnyelés sokkal teteme-  
sebb; fotografaiilag a Nap szélének fényereje  
hétszer kisebb, mint a középső részé. Ezért  
nehéz egyszeri felvétellel a Napnak oly fény-  
képét kapni, melyen a korong egyenletes,  
mert ha a felvétel ideje elegendő a fényes  
középső rész számára, a kép igen gyöngye a  
széleken.

### A chromoszfera és a protuberantiák. —

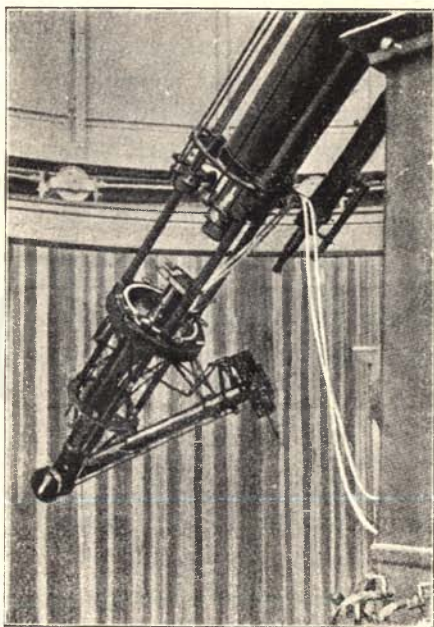
A Nap fénylő felülete fölött van az őt mindenütt  
környező gáznemű burkolat, melynek neve  
*chromoszfera*. Először az 1605. és 1706. évi  
teljes napfogyatkozások alkalmával pillantották meg mint sza-  
bálytalan rózsaszínű szegélyt. A színképelemzés tanúsítja, hogy  
e burkolat főalkatrésze izzó hidrogén, habár nátrium, magné-  
zium és más fémek is vannak benne. A chromoszferának nem  
mindenütt egyenlő a magassága; 8000 és 16,000 kilométer közt  
változik. A chromoszferán át kilökötnek a különben vele  
összefüggésben álló tűzvörös, felhő alakú nyulványok vagy  
*protuberantiák*. Ezekről azonnal kitűnt, hogy nem tartozhatnak  
a Holdhoz, mert észrevehető volt, hogy a teljes napfogyat-  
kozás folyamában a Hold fokozatosan elhaladt fölöttük. Az

ebből vont következtetést később a spektroszkóp igazolta, melynek tanúsága szerint a protuberantiák fénye főleg fehérizzó hidrogénnek tulajdonítható. Továbbá a meglevő *H* és *K* vonalok calcium-gőzre utalnak, s van még egy fénylő sárga vonal *D<sub>3</sub>* a heliumtól, mely elem a Földön ismeretlen volt, míg RAMSAY 1895-ben fel nem fedezte. Sárga vonala révén régen tudták, hogy megvan a Napban, melytől nevét is vette. Nagyon könnyű gáz, mely az uranit nevű ásványból előállítható. A protuberantiák fotografiáját a *spektroheliográf* segítségével most bármely derült napon megkaphatjuk. Ez az elmés műszer néhány másodperc alatt megadja a Nap egész széle körül jelenlevő nyulványoknak teljes rajzát, melynek elkészítése a régi, minden képződménynek egyenkint való megfigyelésén alapuló módszer szerint órákat kívánna. A távcső magában, spektroszkóp nélkül, nem alkalmas a protuberantiák megfigyelésére, kivéve teljes napfogyatkozások alkalmával. Legnagyobb számban a Nap egyenlítője felett s ennek mindkét oldalán a legnagyobb foltűrűség zónájában található; de míg napfoltokat a szélesség 45-ik fokán túl sohasem láthatni, protuberantiákat minden szélesség alatt észleltek, egészen fel, a Nap sarkaiig. Leggyérebbek a szélesség 65-ik foka tájékán.

**A spektroheliográf.** — YOUNG volt 1870-ben az első, ki protuberantiát fotografozott. Valami határozott haladás körülbelül 20 évig nem történt, míg végtére a felvétel céljából az érzékeny száraz lemezeket alkalmazták a spektroszkópon. Alkalmas berendezéssel, melynek legfontosabb része egy második rés és a két rés automatás mozgása, a spektroszkópot spektroheliográfá alakíthatjuk át. Ime rajza e nevezetes műszernek, a melyet HALE szerkesztett és használ, és BRASHEAR készített. A 309. és 310. lapon láthatók két nagy protuberantiának e műszerrel készített fotografiái. Ha a Nap korongját teljesen elfödjük köralakú átlátszatlan ernyővel, mely szélén csupán a chromoszfera fényét bocsájtja át, egyszerre fotografozhatjuk az összes protuberantiákat és az egész chromoszférát. Efféle képek most már mindennap készülnek s tetemes anyag halmozódik össze. Ha a chromoszfera és a protuberantiák felvétele megtörtént, és a Napot elfödő körlap eltávolítása után a rést sebesen visszafelé mozgatjuk, a fotografia

a 295. lapon már lerajzolt alakban mutatkozik, melyben különösen a fáklyák szembetűnők. Hasonló műszert, mely majdnem ugyanazonos eredményeket szolgáltat, DESLANDRES szerkesztett s alkalmazott a párisi esillagvizsgálón.

**A protuberantiák osztályozása.** — A protuberantiák száma, magassága, alakjuk változatossága igen nagy. A nap szélének minden részén láthatók, de főleg bőven egy körülbelül 90 fok



196. ábra.

A spektroheliográf (HALE).

szélességű egyenlítői övben fordulnak elő. Az északi és déli szélesség 45-ik fokán túl határozott fogyásuk mutatkozik a 65-ik fok tájáig, mire mindkét sark körül újabb gyakoriságuk következik. A protuberantiák átlagos magassága 40,000 kilométer, mi a Föld átmérőjének háromszorosánál valamivel több. Alkalmilag 160,000 kilométer magasságig nyomulnak fel a protuberantiák, mint a II. táblán (a 10. lap után) jelezve van; és a legnagyobb, valaha észlelt magasság 480,000, sőt 560,000

kilométer, majdnem a Nap átmérőjének fele. Ez utóbbit YOUNG észlelte 1880 október 7-én. Gyakori eset, hogy protuberantiák a napkorongnak két éppen szemben levő pontján fejlődnek ki feltünő módon. A mi alakjukat és szerkezetüket illeti, a protuberantiák két csoportba sorozhatók: vannak kitöréses (eruptív) vagy fémtartalmú és felhőnemű vagy nyugvó, hidrogénből valók (L. az V. táblát). Az előbbieket rendszeren ragyogó szökőkúthoz hasonlítanak, vagy egyes szálak láthatók, melyek alakja és fényessége igen gyorsan változik; színképük számos fémgőz jelenlétéről tesz tanúságot. Többnyire csak a foltok



197. ábra.

Kitörő protuberantia (1895. márczius 25.) (HALE spektroheliogramja).

öve közelében mutatkoznak, soha a Nap sarkainak szomszédságában. A különvált szálak másodpercenkénti mozgássebessége gyakran 160 kilométert is meghalad, sőt némely ritka esetben négy- vagy ötször akkora. Igen sokszor a protuberantiák éppen foltok fölött képződnek. A nyugvók oldalt nézve rendszeren roppantul szétterpeszkedők és teljesen oly alakúaknak látszanak, mint a földi cirrus és stratus (bárány- és réteg-) felhők. Azokon a gyors változás nem szabály, sőt a Nap sarkainak közelében lényeges alakváltozás nélkül majdnem egy hónapon át voltak megfigyelhetők. TACCHINI Rómában<sup>1</sup> volt az, ki legnagyobb kitartással kutatta a protuberantiákat.

<sup>1</sup> Riccó Cataniában és nálunk FÉNYI GYULA Kalocsán.

**A Nap burkolatai.** — A Nap belsejét hihetőleg oly gázok alkotják, melyek a nagyfokú hő és a tömegvonzás okozta nyomás következtében előttünk egészen felfoghatatlan állapotban vannak. Sűrűség dolgában talán kátrányhoz vagy szurokhoz hasonlíthatók. A Nap főtömegét egész sor réteg, héj vagy légkör környezi. A rajz, melyet bemutatunk, TROUVELOT-tól való; némileg szemlélteti a Nap felületén és közvetlenül ez alatt való állapotokat. Ámbár tisztán elméleti nézet kifejezője, mindazonáltal az összes tények észszerű értelmezésén alapul. Ha

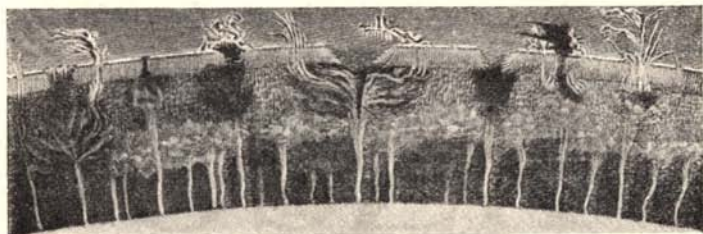


198. ábra.

Nyugó protuberantia (1894. július 3.) (HALE spektroheliogramja).

kivülről befelé tartunk, először a chromoszfera nevezetű igen vékony héjra akadunk, mely valószínűleg körülbelül 8000 kilométer vastagságú. Közvetlenül alatta van a fotoszfera, mely a fémgözökből lecsapódott szálakból van alkotva. A szálak külső végei alkotják azt a szemecskés szerkezetet, melyet a Napon rendszerint látunk; fényök keresztül világít a chromoszferán. Köztök és ez utóbbi között még vékonyabb, talán 1500 kilométer vastag burkolat van, melyet a fotoszfera sötétebben árnyalt felső oldala ábrázol rajzunkban. Ezt megfordító rétegnek nevezzük, mert ezen gáznemű burkolatban megy végbe az az elnyelés, mely a Fraunhofer-féle vonalokat szüli. A fotoszferának szálai, ha alulról jövő kitörések nem

zavarják, sugárirányúak; de a hol kitörések vannak, melyek bizonyos körülmények között foltképződést eredményeznek, a szálak kisodrónak a szabályszerű függőleges irányból és a foltnak — miről már szó volt — azt a részét alkotják, mely a mi nézőpontunkból mint udvar vagy felárnyék látszik. A Nap tulajdonképi tömegének külső felületéről, melyet mi sohasem pillanthatunk meg, hidrogén és különféle, a Napot alkotó fémek gőzei emelkednek. Számos ily feltörő oszlop rajzunkban látható. Mindegyik a fotoszfera alatt fémgőzökből álló felhőalakú tömeggé terpeszkedik. Midőn ez oszlopok számban gyarapodnak és feszültségek mindinkább fokozódik, kitörések keletkeznek a fotoszfera héján keresztül, melyek napfoltok és



199. ábra.

A Nap légkörének ideális szelvénye (a Bulletin astronomique nyomán).

protuberantiák néven ismeretesek. Természetes, hogy ily kitörések olykor hevesebbek, mint máskor, és feltehetjük róluk, hogy időszakiai, a milyeneknek a foltokat tényleg találjuk. A chromoszfera és a protuberantiák felett még a korona lebeg, mely nem a szó igaz értelmében való légkör, hanem a Napnak (rajzunkban nem látható) világító függeléke, melynek fénye összetett természetű és melyről aránylag keveset tudunk, minthogy kizárólag csak teljes napfogyatkozás alkalmával látható. Rajzait a legközelebbi fejezetben közöljük az alkotására vonatkozó elméletekkel egyetemben.

**A Nap fényereje.** — Nem könnyű szavakkal vagy számokkal némi fogalmat nyújtani a Naptól kibocsátott fény mennyiségéről, minthogy a gyertyára, vagy a gázlámpára, vagy

akár az ivfényre, mint egységre vonatkozó számok oly iszonyú nagyok, hogy felfogásunk körét meghaladják. Valóban bármely mesterséges fényforrás, a legvakítóbb elektromos fény is, a szem és a Nap közé helyezve, ez utóbbihoz képest feketének látszik. A Nap majdnem négyszer nagyobb fényű, mint a Volta-féle ív legtündöklőbb része. LANGLEY Pennsylvánia egyik aczélöntőgyárában kísérletezve, a közvetlen napfényt a BESSEMER-körte olvadt fémtömegének vakító árjával hasonlította össze, s bár ez utóbbi is feltétlenül szemkápráztató volt, a Nap több, mint 5000-szer nagyobb fényűnek mutatkozott. A Naptól hozzánk érkező fény mennyisége akkora, mint 600,000 telt holdé.<sup>1</sup>

**A Napnak a Földre sugárzó hője.** — Bármily nehéz a Nap fényéről fogalmat nyujtani, még nehezebb megfelelő tudomást szerezni a Nap roppant melegéről. Oly nagy e hő, bár óriási távolságra vagyunk a Naptól, hogy a megérthető számítás keretén túl esik. A hőegység neve kalória; értjük ezen azt a hőmennyiséget, mely 1 kilogramm víz hőmérsékletét 1 C fokkal emeli. Ismételt mérések útján úgy találták, hogy a Föld felületének egy-egy négyzetméterére percenkint 37 kalória esik, mihez nincs számítva a hőnek az a tetemes része, mely légkörünk elnyelése következtében eltűnik. E mennyiséget eddigelé mindig változatlannak találták, úgy hogy a percenkint és négyzetméterenként való 37 kalóriát *nap-állandónak* nevezik. A hol a Nap a zenitben áll, melege elég erős arra, hogy egy év alatt a Földet befödő 60 méter vastagságú jégréteget megolvasszon. Vagy ha kimérünk  $\frac{1}{4}$  négyzetméternél kissé nagyobb tért, az erre függőlegesen eső nap-sugarak energiája felér egy lóerővel, körülbelül öt ember munkájával. A trópusi tengert hasító gőzös fedélzetére annyi hő esik, hogy teljesen kihasználva, 10 csomónyira<sup>2</sup> hajthatná a hajót. Több kísérletet végeztek, hogy a Nap melegét közvetlenül ipari czélokra értékesíthessék; ERICSON, a nagy svéd mérnök és MOUCHOT is szerkesztett napgépeket.<sup>3</sup> A Nap gáz-

<sup>1</sup> Pontosabban 569,500.

R.

<sup>2</sup> 1 csomó = 1 tengeri mérföld = 1,852 km.

R.

<sup>3</sup> Újabban Kaliforniában működik egy 10 lóerejű napmótor.

R.

nemű burkolata is elnyeli a hőt. FROST kimutatta, hogy a korong minden részének kisugárzása egyforma s hogy 17-szer több meleg jutna ránk, ha a Nap légkörét eltávolíthatnók.

**A Nap felszínének melege.** — A sugárzó hő erőssége, miként a fényé, a kisugárzó testtől való távolság négyzetével fordított arányban van. Ezért a Nap felszínének bizonyos részétől kisugárzott hő 46,000-szer nagyobb, mint az a hő, mely a Föld színének ugyanakkora területére tényleg esik.

A Nap felszínének négyzetmétere annyi hőt sugároz ki, a mennyi szakadatlanul, éjjel és nappal, több mint 100,000 lóerőt hozhat létre. Képzeljünk oly tömör jéghengert, mely közel négy kilométer átmérőjű és a Földtől a Napig ér. A Nap annyi hőt bocsát ki, hogy ez óriási jégoszlopot egy másodperc alatt megolvaszthatná, nyolcz másodperc alatt pedig gőzzé változtathatná. Ha a Nap csak olyan messze volna tőlünk, mint a Hold, óriási tányérja nemcsak betöltené az egész eget, hanem megsemmisítő hevével gőzzé változtathatná a tengereket és csakhamar magát a szilárd Földet is megolvasztaná. A hőkifejtés e felfoghatatlan nagyságának kutatása, a kisugárzás törvényeinek és a Földre való hatásának meghatározása, a hő fenntartása módjának kieszelése: a jelenkori csillagászat legfontosabb és leggyakorlatibb feladatainak egyike. Vajjon állandó mennyiség-e a Naptól kibocsátott hő, vagy éviölvévre, illetőleg századról-századra változik-e: még nincsen tisztázva. A Nap hőfokát nagyon nehéz biztosan meghatározni. Egyes becslések nagyon eltérők. 9000—10,000 Celsius fok valószínűleg közeljár a valósághoz.<sup>1</sup> De semmiféle mesterséges hőforrás melege sem haladja meg a 2500<sup>o</sup>-ot.

**Mi tartja fenn a Nap melegét?** — A Nap melegét nem tarthatja fenn szénnek égése, mert ha ez óriási gömb tömör anthracitból volna is, nem egészen 5000 év alatt hamuvá égne. Hő, mint tudjuk, hirtelen mozgás-megakasztás útján is keletkezhetik; a testek ütközése hőt fejleszt. Egyik elmélet szerint tehát a Nap melegét a ráhulló meteorok ütődése tartja fenn, és igen valószínű, hogy a hőnek egy csekély töredéke e for-

<sup>1</sup> A naphőmérséklet legújabb, R. által is adott meghatározások szerint 5400<sup>o</sup> C.

rásra vall; de hogy az egész hő ily módon származtassék, az kellene, hogy a Föld távolságából évenként a Föld tömegének  $\frac{1}{100}$ -ával felérő anyagmennyiség hulljon a Napra. Hogy ez megtörténjék, nagyon valószínűtlen. Csak *egy* lehetséges magyarázat marad fenn: ha a Nap — mindegy, akármily lassan — összehúzódik, e folyamat következtében a térfogatát kitöltő gázok okvetetlenül hőt fejlesztenek. HELMHOLTZ, a kitünő német fizikus legelőször állította fel vagy félszázaddal ezelőtt ezt az elméletet, mely most általánosan el van fogadva. Oly roppant nagyságú a Nap, hogy átmérőjének tényleges rövidülése — mi csupán az átmérőt magát mérhetjük le — igen lassan történhetik. Valóban csak 10 kilométer összehúzódás kellene évszázadonként, hogy a Naptól kiinduló összes hőt megmagyarázhassuk. De 10 kilométer a Nap távolságában csak  $\frac{1}{75}$  másodpercnyi szög alatt látszik, mi oly kicsiny mennyiség, hogy a legfinomabb műszerekkel elérhető határhoz igen közel van. Világos tehát, hogy a megfigyelés ez elméletet csak századok múlva fogja igazolhatni.

**A Nap multja és jövője.** — Ha elfogadjuk azt az elméletet, hogy a Nap melegét térfogatának fokozatos összezsugorodása tartja fenn, ez égi testnek a messze multban sokkal nagyobbnak kellett lennie és a távoli jövőben tetemesen meg kell fogyatoznia. Ha felteszszük, hogy az összehúzódás változatlan mértékben folytatódik meghatározhatatlan korszakokon át, kiszámíthatjuk, hogy eddig legalább is 20.000,000 esztendőn át kapott a Föld hőt a Naptól és hogy további öt millió esztendő alatt a Nap átmérőjének felére fog zsugorodni. Még további öt millió éven át a Nap talán elég hőt fog kibocsáthatni, hogy az élet bizonyos nemei fenmaradhasanak Földünkön. Így tehát 30—40 millió évig tartó óriási korszak vehető a naprendszer valószínű élettartamának, mely korszak a naprendszer keletkezését és a végét is felöleli. Az összes hőkészlet kisugárzása és elvesztése után a Nap bolygócsaládjával együtt, mint tehetetlen anyag talán még további, meghatározhatatlan számú millió esztendeig fogja folytatni útját a csillagok véghetetlen terében.

## XII. FEJEZET.

### NAP- ÉS HOLDFOGYATKOZÁSOK.

A legrégebb korban minden természeti esemény titokzatos volt. A nappal és éjszaka, a nyár és tél váltakozása, még a legközönségesebb dolog is egész nemzeteket bámulattal töltött el, és a legegyszerűbb természeti tüneményeknek fantasztikus magyarázatot adtak. De ha az a szokatlan, sőt félelmes eset állt be, hogy a Nap nappali időben teljesen elsötétült, alig csodálhatjuk, hogy a babonás félelem teljesen féket vesztett. Némely nép azt hitte, hogy óriási szörnyeteg elnyeli a barátságos fényű Napot; elriasztására tehát barbár lármával tettek kísérletet. Igen hosszú korszakon át imádat tárgya volt a Nap; tehát igen természetes, hogy látszólag megmagyarázhatatlan elsötétedése rémülettel töltötte el a nézőket. Műveletlen népeknél a napfogyatkozásról régente divott nézetek mai napig is fenmaradtak.

**A nevezetes ókori napfogyatkozások.** — A legrégebb napfogyatkozás, melyről említés történik, Kr. e. 776-ban volt; ez a khinai évkönyvekben van feljegyezve. A következő évszázad néhány napfogyatkozásáról asszíriai táblácskák és emlékek értesítenek bennünket. Kr. e. 585-ben, május 28-án, teljes napfogyatkozás volt, melyet THALES állítólag előre jelzett; bekövetkezése a médek és lydiaiak csatájának vetett véget. Ez a napfogyatkozás fektette szilárd alapra ama kornak chronológiáját. Épen így a Kr. e. 431-ben augusztus 3-án bekövetkezett napfogyatkozást a peloponnesusi háború első évének meghatározására használták fel. Ismeretes továbbá a történe-

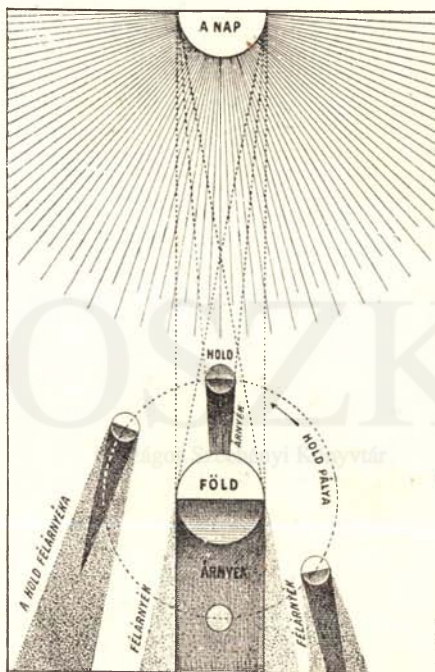
lemben „Agathokles napfogyatkozása“, mely a Kr. e. 310. évnek augusztus 15-ikén állt be; közvetlenül követte e hadvezérnek, kit a karthagóiak előbb Syrakuzában körülzártak volt, az afrikai birodalomban való partraszállását: „a nappal éjszakává változott és mindenütt az égen kigyultak a csillagok“. Néhány napfogyatkozás római történelmi eseményekkel kapcsolatos. A koronáról, vagyis az ezüsthéjű udvarról, mely a Napot befödő Hold körül látható, az első történelmi megemlékezés Plutarchosznál fordul elő, ki a Kr. u. 71-ben, márczius 20-án bekövetkezett napfogyatkozást leírja. Habár gyakran láthatták a koronát, említést nem tesznek róla a XVI. század végeig. Az ezen hosszú időközből való feljegyzések tudományos és más tekintetben is kevés értékűek; csak annyiban fontosak, hogy a jelenkori csillagászok ezeket a napfogyatkozási adatokat is fel tudták használni a Hold mozgásának pontosabb meghatározására.<sup>1</sup>

**A napfogyatkozások oka.** — Bármely átlátszatlan test, mely a szem és a Nap közé kerül, napfogyatkozást okoz, mely teljes abban az esetben, ha ama test legalább is akkora szög alatt látszik, mint a Nap maga, tehát, ha e szög körülbelül fél fok. Mindenki azonnal felismeri, hogy az országot fölött tovaépülő sasnak, vagy a táj fölött lassan elvonuló felhőnek árnyéka honnan ered: oka, hogy sötét tárgy lépett a Nap és a Föld közé. A Notre Dame tornyain Párisban 1783 október 21-én kíváncsian egybesereglett nézők figyelmét újfajtajú napfogyatkozás kötötte le, midőn a szélről hajtva köztük és a Nap között szállongott az a léggolyó, melyben d'ARLANDES marquis és PILÂTRE ültek. És valamint látszólagos, földi tárgy okozta napfogyatkozás származik, ha a szemre a sas, a felhő, vagy a léggömb árnyéka esik, ép úgy valódi, vagy csillagászati napfogyatkozást idéz elő a Hold, midőn a Föld és a Nap közé lép. A csillagászati csak azért sokkal különb, mert a Hold, mely a fogyatkozást okozza, a felhőnél, sasnál és léggolyónál jóval messzebb van, a Föld légkörén túl, aránylag igen nagy távolságban, mely magával a Nap távolságával is összehasonlítható. Meglepő dolog, hogy a Nap, mely körülbelül 400-szor

<sup>1</sup> A millennium éve a 891. augusztus 8-iki byzanci napfogyatkozás segítségével volt megállapítható.

nagyobb a Holdnál, történetesen 400-szor messzebbre is van tőlünk, úgy hogy mindkét égi test majdnem egyenlő nagyságának látszik. Kis változás a Föld kisérőjének nagyságában, vagy távolságában a szemlélőre oly mélyen ható tüneményt, a napfogyatkozást, minden időre lehetetlenné tenné.

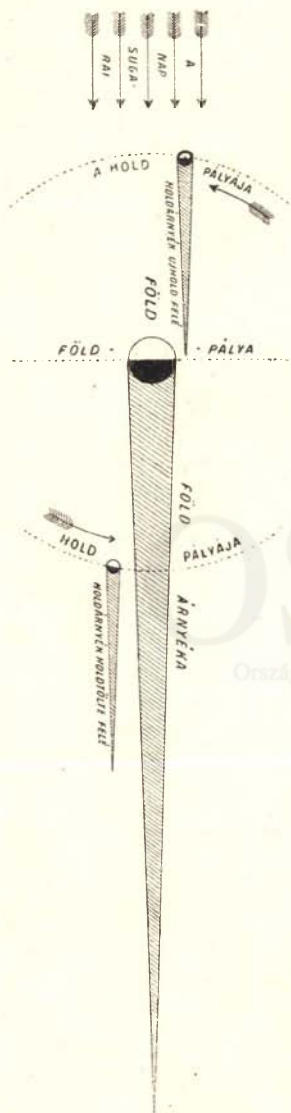
**Az égi testek árnyékai.** — Valamint minden a Naptól sütött földi tárgy a maga alakjához hasonló árnyékot vet, úgy



200. ábra.

Hogyan keletkeznek nap- és holdfogyatkozások?

teszik azt naprendszerünk égi testeit is. Ezek mind, akár bolygók, akár holdak, gömbalakúak, és mivel a Naphoz képest kisebbek, nyilvánvaló, hogy mindegyiknek árnyéka hosszú, keskeny, a térbe nyúló és a középponti világító testtől mindig elfordult kúp. Kétségtelen továbbá, hogy az ily árnyéknak hossza két dologtól függ, az árnyékvető gömb nagyságától és a Naptól való távolságától. A Föld árnyékának hossza átlag 1.382,000, a Holdénak 374,000 kilométer. Időnként a hosszúság e közép-



201. ábra.

A Hold és a Föld keskeny árnyéka.

értékek  $\frac{1}{60}$  részével nagyobb vagy kisebb, mert a Naptól való távolságunk is a középtávolság  $\frac{1}{60}$  részével változik. Oly messze esik a Nap, hogy a Föld és a Hold árnyékai rendkívül hosszúkés és keskenyek. E könyv kis lapján lehetetlen a valódi arányokat feltüntetni. Rajzunk mindazonáltal némi fogalmat nyújthat az ily árnyék karcsúságáról, de a szélessége még mindig ötször nagyobb, mint a hosszúsághoz képest lennie kellene. Az égi test kúpalakú árnyékot vet, melynek neve teljes árnyék, mert a Nap egyetlen sugara sem hatol beléje. A teljes árnyékot minden oldalról körülveszi a félarány, melyből — mint rajzunk a 317. lapon mutatja — a napfény csak részben van kizárva. Ez a kevésbé sötét árnyék üres csonka kúp, melynek alapja szemben van a teljes árnyék alapjával. Mindkétféle árnyék óránként 3680 kilométer sebességgel hasítja a tért és keleti irányban sűrölje végig Földünket. A szerint, a hogy ez árnyékok a Föld felszínét érik, különféle nemi származnak a napfogyatkozásnak, mely részleges, gyűrűs és teljes lehet.

**A Föld és a Hold pályáinak igazi aránya.** — Még nehezebb a Nap, Föld és Hold nagyságát és kölcsönös távolságát a kellő arányok megtartásával ábrázolni. Szabatos felütnetésök következőképp lehetséges. Három deciméter átmérőjű körlapot kimetszve, mely a Napot ábrázolja, tőle 33 méternyire közönséges 2·7 milliméternyi

sörét-szemet helyezünk el, mely a Földet képviseli. A söréttől 83 centiméternyire igen kicsiny sörét- vagy épen homokszemet tegyünk Hold gyanánt. Ekkép nemcsak a Nap, Föld és Hold nagyságát, hanem a Föld és Hold pályáinak méreteit is ugyanazon mértékben kellő arány szerint helyesen szemléljük. Itt a kisebbített mértéknek minden centimétere a természetben 46,000 kilométernek fog megfelelni.

**A Hold pályájának csomói.** — Minden hónapban egyszer, azaz valahányszor a Hold a holdujtság fázisába lép, napfogyatkozásnak kellene bekövetkeznie, ha a Holdnak a Föld



202. ábra.

A Nap a Hold pályájának síkján kívül van; napfogyatkozás lehetetlen.



203. ábra.

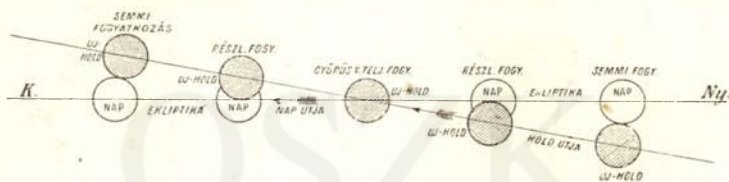
A Nap a holdpálya síkjában; napfogyatkozás elmaradhatatlan.

körül s a Földnek a Nap körül való pályája ugyanazon síkba esnék. Csakhogy ez nincs úgy, a két sík  $5\frac{1}{7}$  fok szög alatt hajlik. Ennélfogva mellékbolygónk, midőn együttállásba kerül s holdujtság van, rendesen sötétülést nem okozva a Nap fölött, vagy alatt halad el. Az éggömbnek ama két egymással szemben levő pontját, melyben a Hold pályája metszi az ekliptikát, a Hold csomóinak nevezzük. Az ekliptika neve is onnan származik, hogy ez az a sík, melynek közelében kell állnia a Holdnak, hogy a fogyatkozás lehetővé váljék.

Rajzaink ezt megvilágítják. A Napot a szem helyén képzeljük, és a kinyújtott karral tartott körlap a Hold pályáját

képviseli, melynek közepében van a Föld. Ha e körlapot oldalt tartjuk, a kézcsuklót előre hajlítva, a Hold árnyéka jóval lejjebb esik, mint a Föld; ekkor napfogyatkozás nem lehetséges. Most hozzuk a körlapot szép lassan a másik rajzon (203. ábra) látható helyzetbe, miközben fokozatosan kiegyenesítjük a kézcsuklót és ügyelünk, hogy a körlap síkja előbbi helyzetével mindig párvonalos maradjon: ekkor széle felől nézzük a Hold pályáját, s mihelyt holddujság következik be, a napfogyatkozás elmaradhatatlan.

**A napfogyatkozási határ.** — Minthogy napfogyatkozás csak úgy keletkezhetik, ha a Holdnak legalább egy része a Nap tányérja fölé borul, kétségtelen, hogy a két égi test látszó átmérője szabja meg a Napnak a Hold csomójától való

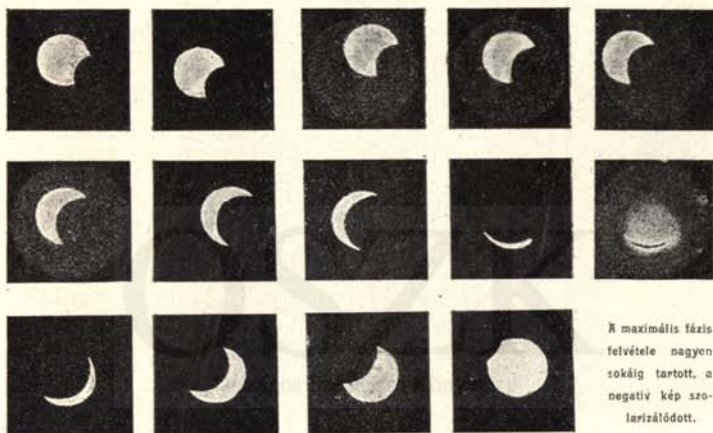


204. ábra.

Napfogyatkozási határ a felszálló csomónak úgy keleti, mint nyugoti oldalán.

távolságát, melyen belül napfogyatkozás lehetséges. Ezt a távolságot napfogyatkozási határnak nevezzük; rajzunk a felszálló csomó mindkét oldalán szemlélteti. A középben álló újholdtól mindkét oldalon a legközelebbi újholdig az ekliptikának 18 fok hosszúságú íve terjed, mely a napfogyatkozási határt is kifejezi. Ez érték nem állandó mennyiség; legnagyobb akkor, midőn a perigaeum a periheliummal, holdközeli és napközeli egyidejűleg következik be. Minthogy ezen határon belül bármely időben lehet holddujság, kísérvünk bármely, 18 foknál kisebb csomótávolságban elföldheti a Napot, és ezért a napfogyatkozásnak mindenféle nagysága lehetséges, a kicsiny csorbulástól kezdve, midőn a napkorong messze van a csomótól, egészen a középponti (gyűrűs vagy teljes) fogyatkozásig, midőn a csomóhoz nagyon közel áll.

**Két napfogyatkozás minden évben biztos.** — Minthogy a napfogyatkozási határ a holdcsomók mindkét oldalán 18 fok, könnyen érthető, hogy többé-kevésbbé tetemes napfogyatkozás minden csomónál minden évben elkerülhetetlen. Mert az egész iv, melynek hosszában napfogyatkozás lehetséges, körülbelül 36 foknyi és a Napnak majdnem 37 napi idő kell, hogy végig haladjon rajta. Ha tehát a holdujtság éppen a fogyatkozási határon túl a csomótól nyugatra állott elő (rajzunkban a jobb oldalon),  $29\frac{1}{2}$  nap alatt egészen megkerüli az eget és mint újhold



205. ábra.

Az 1887-iki napfogyatkozás (Tokióban felvett fotográfia).

visszaérkezik a Naphoz. Ez újabb holdujtságkor (részleges) napfogyatkozás már bizonyos, mert a Nap csak néhány foknyira távozhatott keletre a csomótól és még jóval a határon belül van. Tehát minden csomónál minden évben bizonyosan legalább egy napfogyatkozás keletkezik.

Ha a holdujtság éppen a csomótól nyugotra, a határon belül áll be, bizonyos, hogy e csomónál két részleges napfogyatkozás lesz; hasonló módon, további kettő lehetséges a másik csomónál. Sőt bizonyos 'szélső esetekben ötödik napfogyatkozás is keletkezhetik ugyanazon naptári éven belül. Mert ha a Nap január közepe táján megy át valamely csomón,

úgy hogy e körül két napfogyatkozás áll be, ismét kettő keletkezhetik nyár derekán; a csomóknak nyugoti irányú mozgása következtében pedig decemberben a Nap ismét a nyugoti határon belül kerül; tehát ötödik napfogyatkozás is származhatik, mielőtt a naptári év bevégeződött volna. Minthogy ezen időszakon belül két holdfogyatkozás is bizonyos, az *egy* évben lehetséges fogyatkozások legnagyobb száma hét. De ilyesmi csak egyszer történik három század folyamában; a legközelebbi eset 1935-ben lesz. Közönségesen négy vagy öt fogyatkozás jut egy-egy évre.



206. ábra.

Gyűrűs napfogyatkozás.

**Részleges napfogyatkozások.** — Ha a Hold nem egészen pontosan áll a Föld és a Nap közé, ez utóbbinak csak egy részét fogja el és részleges napfogyatkozás mutatkozik.

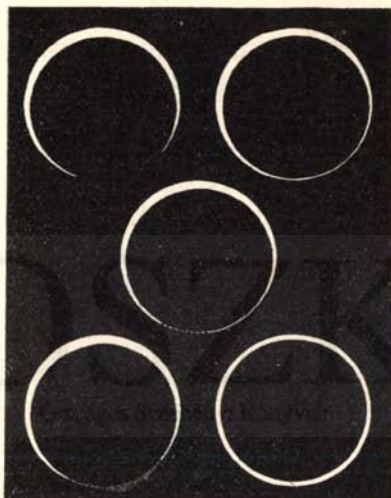
Ez akkor történik, midőn a Nap némi távolságba kerül a holdpálya csomójától. Tizennégy rajzban a részleges napfogyatkozásnak különféle növekedő és csökkenő fokozatát mutatjuk be. Az elfödés nagyságát gyakran hüvelykekben fejezzük ki, hüvelyknek (digitus) nevezvén a Nap átmérőjének  $\frac{1}{13}$  részét.<sup>1</sup> Részleges napfogyatkozás alkalmával a Holdnak csak félárnyéka éri a Földet, következőleg a részleges napfogyatkozás kisebb-nagyobb mértékben a földgolyó felszínének nagy darabjáról lesz látható; 3500 kilométer volna a terület szélessége az árnyékra merőlegesen lemérve, de földtekénk görbülete miatt sokszor két akkora. E megnyúlás az északi vagy déli sark felé tart, a szerint hogy a Hold középpontja a Nap középpontjától északra vagy délre kerül. Egy évszázad alatt körülbelül 90 részleges napfogyatkozás szokott lenni.

**Gyűrűs napfogyatkozás.** — Ha holdujság alkalmával a holdpálya csomójához a Nap nagyon közel jut, a Holdnak

<sup>1</sup> Európában a fogyatkozás nagyságát kizárólag a nap- vagy holdkorong tizedrészeiben fejezik ki. R.

nyilván majdnem pontosan a Föld és Nap közé kell kerülnie. Ha ugyanakkor földtávolában (apogaeum) is áll, látszó nagysága valamivel csekélyebb, mint a Napé. Ekkor kúpalakú árnyéka nem nyúlik egészen a Föld felületéig, hanem fénylő gyűrűt hagy meg, mely a sötét Holdat teljesen körülövezi. Az ily napfogyatkozást gyűrűsnek mondjuk a fénylő gyűrű miatt, mely a Nap tányérjából még látható marad.

A gyűrű lehető legnagyobb szélessége a Nap látszólagos

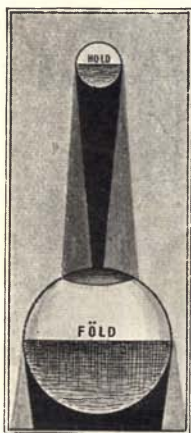


207. ábra.

Gyűrűs napfogyatkozás fázisai (ALEXANDER daguerrotypje nyomán).

átmérőjének körülbelül huszadrésze és a legkedvezőbb körülmények között mintegy  $12\frac{1}{2}$  percig látható, átlagos tartama azonban ez időnek csak  $\frac{1}{3}$  része. Rajzunk a gyűrűnek öt különböző változatát ábrázolja. Közel 90 gyűrűs napfogyatkozás jut egy-századra. A két legutolsó 1897 július 29-én és 1900 november 22-én volt. Az elsőt Mexikóban, Cubában és Antiguában, a másikat Angolától Zambéziig és nyugati Ausztráliában láthatták. Az Egyesült Államokban 1908 június 28-ig, hazánkban 2075 július 13-ig nem lesz gyűrűs napfogyatkozás. Az előbbi fogyatkozás Floridában lesz jól látható.

**Teljes napfogyatkozás.** — Legmélyebb benyomást kelt és az égi testek elsötétedései között legfontosabb a teljes napfogyatkozás. Akkor keletkezik, ha a Hold árnyéka tényleg érinti a Földet, mint rajzunkon látható. Miközben a Hold kelet felé húzódik és fokozatosan közelebb jut ahhoz a ponthoz, a melyben pontosan közénk és a Nap közé kerül, ezalatt mind több napfényt von el a Földtől és több mint egy órán át fokozatosan mind mélyebb sötétség borul a Földre. Azután hirtelen a késő alkonyati óra homálya terjed el, mikor a Hold



208. ábra.

Teljes napfogyatkozás

ahhoz a ponthoz ér, a hol a napfényt teljesen elfogja előlünk. E pillanatban kigyulad a Nap koronája és kezdődik a teljes napfogyatkozás. Az észlelő ekkor a teljes árnyékon belül van és a teljes napfogyatkozás csak addig tart, míg ezen belül marad. A sötétség ilyenkor gyakran oly nagy, hogy az észlelő csak mesterséges világítás mellett jegyezheti megfigyeléseit. A Hold mozgása következtében a Hold árnyékának csúcsa végig vonul a Földön s szélessége körülbelül 250 kilométer. A Föld tengelyforgásával a nézőt szintén kelet felé viszi ugyanoly irányban, a minőben az árnyék halad. Ha a térítők között foglal állást, saját sebessége közel félakkora, mint az árnyéké; az árnyék tehát felette illan el,

ágyúgolyó sebességgel, mely óránként majdnem 2000 kilométerrel egyenlő. Átlag nem egészen három percz kell, hogy az árnyék egész szélessége valamely pont felett elvonuljon, de a leghosszabb tartamú teljes napfogyatkozás majdnem nyolcz perczig tart, mindamellett kevés olyat figyeltek meg eddig, mely öt percznél tovább tartott volna, és a maximális időtartamot tetemesen megközelítő napfogyatkozás a legközelebbi 250 év alatt nem lesz. Az év közepe táján leghosszabbak a teljes napfogyatkozások, ha ugyanakkor a Hold a földközéltben van és az árnyék útja a térítőkörök között halad. A teljes sötétülés végeztével újból kezdődik a részleges fázis; ez mindinkább kisebbedik, mialatt a Nap fénye folyvást növekedik,

míg az utolsó érintkezés után a teljes napfény ismét helyreáll. Századonként majdnem 70 teljes napfogyatkozás van. Ha a légkör vízpárákkal telített, bűvös színhatások keletkeznek, melyeket e könyv elején korántsem tüntettünk fel túlzottan. (L. az I. táblát.)

**A négy érintkezés.** — Minthogy a Hold, midőn kelet felé mozog, utóléri a Napot, a napfogyatkozás mindig a Nap korongjának nyugoti oldalán kezdődik. Az első érintkezés akkor van, mikor a sötét Hold épen a Nap széle vagy limbusa fölé készül borulni. Elméletben az első érintkezés egyáltalában meg nem figyelhető, mert az igazi érintkezés pillanata a másodperc egy törtrészével már elmúlt, mikor a Hold széle látható lesz. Az első érintkezés a részleges napfogyatkozás kezdetét jelzi. Teljes, vagy gyűrűs napfogyatkozás alkalmával hosszú részleges sötétülés előzi meg a teljes, vagy gyűrűs fázist, és a mely pillanatban ez a részleges fogyatkozás végződik, megkezdődik a teljes, vagy gyűrűs, és ez az időpont az, melyben a második érintkezés történik. Az első és második érintkezés között rendszerint egy óránál valamivel több idő szokott eltelni. Teljes napfogyatkozáskor a második érintkezés helye a Napnak keleti oldala, gyűrűs napfogyatkozáskor a nyugoti. A második érintkezés után legfeljebb néhány pillanatyú időközzel következik a harmadik, még pedig teljes napfogyatkozáskor a Nap nyugoti szélén, gyűrűs napfogyatkozáskor a keletin. Tanulságos az érintkezéseket lerajzolni. A harmadik és negyedik érintkezés között szintén valamivel több, mint egy óráig tartó részleges napfogyatkozás megy végbe, szakasztott olyan, mint az első és második érintkezés között. A negyedik vagy utolsó érintkezés pillanata az, midőn a Hold sötét tányérja épen elhagyja a Napot. Az első és negyedik érintkezés között mintegy 3 óra szokott eltelni. Ha a napfogyatkozás csak részleges, csupán két érintkezés lehetséges, az első és utolsó.

**Young megfordító rétege.** — A szinképelemzés elvei szerint alacsony nyomású gáz szaggatott szinképet ad, mely jellemző fényes csikokból áll. Minthogy a Nap szinképének sötét vonalait az okozza, hogy a Nap légkörén áthaladó sugarak ott elnyeletnek, YOUNG-nak az a gondolata támadt, hogy e

légkörnek fényes csikokból álló szinképét magában is meg lehetne figyelni teljes napfogyatkozás idején. Először Spanyolországban volt tanuja e tüneménynek az 1870-iki napfogyatkozásakor és íme az ő saját leírása:

„A mint a Hold tovahaladtával a Nap tányérjának még fenmaradó sarlója mind szűkebbre szorul, a szinkép sötét vonalain nagyrészt semmi változás sem észlelhető... De a mely pillanatban a Nap elrejtőzik, a szinkép egész hosszán végig, a vörösben, a zöldben, az ibolyában mintegy csapásra százával és ezrével villannak fel a fénylő vonalok, oly rögtön, mint a szétrobbanó rakéta csillagjai és ép oly elenyészően is, mert két-három másodperc múlva mindennek vége. A rétegnek vastagsága, úgy látszik, 1500 kilométeren alul marad“.

Hasonló megfigyeléseket más alkalommal is végeztek, az 1896. és 1898. évi napfogyatkozásokkor pedig sikerült a fényes csikok fotografiáit kapni. A Nap légkörének illető része, mely YOUNG megfordító rétegének nevével ismeretes, valószínűleg 1100 kilométer vastagságú.

**A Nap koronája.** — A korona az a fénylő sugármez, mely teljes napfogyatkozásakor a Napot szemmel is láthatólag körülveszi. Földi légkörünk erős megvilágítása miatt más időben nem vehetjük észre. A korona, távcsőben nézve, nagyszámú kilövelő foszlányból és szálból áll, melyek gyakran élesen határoltak és olykor több millió kilométer hosszúságban futnak ki a Nap korongjától az űrben. E szálak többnyire nem sugarasan helyezkednek el és sokszor szorosan a Nap tányérjáig leérő sötét hézagok választják el egymástól. A korona általános fénye átlag háromszor akkora, mint a teltholdé; de a fény mennyiség minden egyes napfogyatkozásakor változik, valamint a kisugárzás alakja és nagysága is. A mily élénk a korona fénye a Nap közvetlen közelében, oly gyorsan csökken kifelé; ezért nagyon nehéz minden részét ugyanazon lemezen élesen fotografálni. A korona — úgy látszik — legalább háromféle részből áll; vannak sarki, majdnem egyenes sugarai, belső, egyenlítői erős hajlású sugarai és gyakran még külső egyenlítői foszlányai, melyek eredete talán az állatövi fényével függ össze. Az utóbbiak nem minden fogyatko-

zaskor láthatók, első sikerült fotografiáik Indiában készültek az 1898-iki teljes napfogyatkozáskor. Újabb korona-fotografiákból nem tűnik ki, hogy a korona alakja óráról-órára változnék. Eddigelé még nincs e csodás tüneménynek oly elmélete, mely összes jelenségeit kielégítően magyarázná. Sem BIGELOW mágnesi, sem SCHAEBERLE mechanikai elméletéből nem sikerül alakját általánosságban is előre jelezni. A fényesebb szálak talán elektromos kisüléseknek tulajdoníthatók. Egy egész század napfogyatkozásai is a koronának csak néhány órai kedvező tanulmányozására nyújtanak alkalmat.



209. ábra.

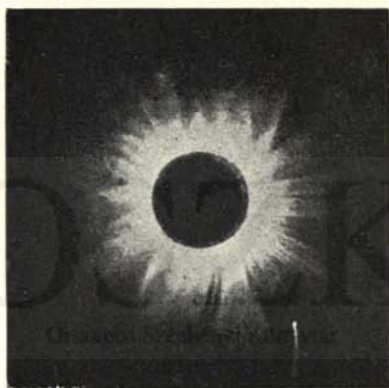
Nap-korona 1871-ben (Lord Lindsay nyomán).

**A korona színe.** — A mi csekély ismeretünk van a koronáról, az leginkább a spektroszkóp nyújtotta tapasztalatokon alapul.

Fénye gyöngye folytonos színekpet ad, mely fehér-izzó folyékony, vagy szilárd anyagra utal; erre vetül számos vonalból alkotott szaggatott színek, mely világító gázokra s ezek között hidrogénre enged következtetést. Az ibolya és az ibolyántúli részben szintén nagyszámú fényes vonal található. De különösen jellemzi a korona színeképét a zöld részben levő fényes kettős vonal, melyet gyakran „1474-es vonal” névvel jelölnek;<sup>1</sup> egyik összetevőjének helyzete megegyezik

<sup>1</sup> Minthogy a Kirchhoff-féle skálában az 1474 osztásvonalra esik. *R.*

a Nap szinképének egyik vas-vonalával, a másikat pedig a feltételezett „coronium“ elemnek tulajdonítják, mely a koronában gáz alakjában van meg; a Földön csak legújabban ismerték fel. Vannak továbbá sötét vonalok, melyek tetemes mennyiségű visszaverődött napfényt árulnak el; lehet, hogy ez utóbbi a Nap körül felhalmozott meteoros anyagtól jó. DESLANDRES, ki ugyanazon lemezen fotografozta a Nap két ellentétes oldalán a korona szinképét, fényes vonalainak eltolódását észlelte, melyből kitűnik, hogy a keleti kiáramlás közeledik a Földhöz, a nyugati távozik tőle; az ebből számított



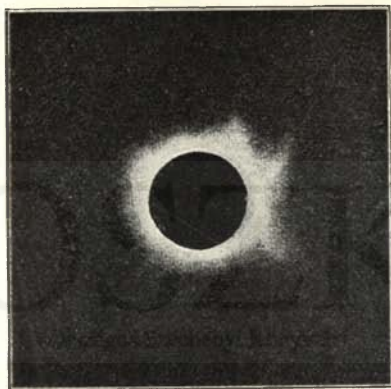
210. ábra.

Nap-korona 1882-ben (Schuster és Wesley nyomán).

sebességek arra vallanak, hogy a korona a Nappal együtt forog ennek tengelye körül. Ekkép a korona szoláris eredetének független bizonyítékára tettünk szert.

**A korona időszakisága.** — Nincs két napfogyatkozás egyforma koronával. Mily gyorsasággal változik ez, még nem tudjuk, de az 1893. évi teljes napfogyatkozáskor tett megfigyelésekből kitűnt, hogy Afrikában épen olyannak találták a koronát, milyenek Chiliben, hol fotografiáját  $2\frac{1}{2}$  órával korábban vették fel. Annyit tudunk, hogy lassú időszaki változások valóban előadódnak, melyek — úgy látszik — a Nap foltjainak 11 évi szakaszosságát követik. A foltok maximumának idejében a korona bőséges, rövid, fényes és összefonódott

szálakból áll, melyek jórészt az egész Nap körül teljesen kifejlődtek, mint három fotografiánkon (India 1871, Egyiptom 1882, Afrika 1893) látható. Másrészt a foltok minimumakor, vagy közel ehhez, egyenlőtlen kifejlődésű a korona; vannak szép, rövid, bojtos kiáramlások a Nap sarkai körül és az ekliptika táján több millió kilométer hosszúságú küllők nyúlnak kifelé, mint az Egyesült Államokban az 1878. és 1889. évi teljes napfogyatkozásokról felvett fotografiáinkon látható. Minthogy 1900-ban ez alak ismétlődött, a ciklus teljesnek mondható; de az időszakiságot kielégítő módon még nem magyarázta meg senki.



211. ábra.

Nap-korona 1893-ban (Deslandres nyomán).

**A legfontosabb újabb napfogyatkozások.** — A Nap körül mutatkozó tünetmények valódi jelentőségét nem méltatták kellően az 1842-iki európai napfogyatkozásig. Az 1851. és 1860. évi napfogyatkozásakor bebizonyult, hogy a protuberantiák és a korona a Naphoz tartoznak és nem a Holdhoz. Épen az 1868. évi (indiai) napfogyatkozás után fedezték fel azt a fontos tényt, hogy a protuberantiák megfigyelése napfogyatkozás nélkül is bármely időben lehetséges spektroszkóp segítségével. Az Egyesült Államokban 1869-ben fényes vonalokat találtak a korona szinképében, melyek közül a zöldben levő egyik vonal oly elem jelenlétére mutatott, melyet a Földön nem ismertek és előzetesen *coronium*-nak neveztek el. Az 1870-ik év (Spanyol-

országban) a megfordító réteg felfedezését hozta, az 1878-ik évben pedig (az Egyesült Államokban) a korona egyes szálai bámulatos terjedelmet értek el, a mennyiben az áramlások, úgy keletre, mint nyugatra 18 millió kilométernyi távolságig terjedtek (rajzunkon csak részben láthatók). A korona-szinkép első fotografiája 1882-ben (Egyiptomban) sikerült és 1889-ben (Kaliforniában) a korona finom részleteit mutató fotografiákat készítettek. 1893-ban (Afrikában) kimutatták, hogy a korona lényegesen részt vesz a Nap tengelyforgásában; továbbá az 1896-ban (Novaja Zemljában) és 1898-ban (Indiában) készült pozitív szín-



212. ábra.

Nap-korona 1878-ban (Harkness nyomán).

kép-fotografiák a megfordító réteg létezését kétségkívülivé tették. A legutolsó két teljes napfogyatkozás 1900 május 28-án és 1901 május 18-án volt. A teljes fogyatkozás fázisa 2, illetőleg 6 perczig tartott és bekövetkezett Louisiana- és Virginiára, illetőleg Szumatrára, Borneóra és Celebesre vonatkozólag. Hazánkban csak 1999 augusztus 11-én várható teljes fogyatkozás.

**A legfontosabb jövődő napfogyatkozások.** A XX. század első negyedének napfogyatkozásai röbbnyire Amerikán kívül lesznek láthatók. Csak kettőnek útja éri az Egyesült Államokat. Íme néhány adat, mikor lesznek a legközelebbi fontos napfogyatkozások, hol lesznek teljesen láthatók és közelítőleg mennyi ideig fog tartani teljességi fázisuk.

- 1905 aug. 30. Labrador, Spanyolország, Egyiptom 4 percz ;  
 1907 január 14. Oroszország, Khina 2 percz ;  
 1912 okt. 10. Kolumbia, Brazília 1 percz ;  
 1914 aug. 21. Svéd- és Norvégország, Oroszország 2 percz ;  
 1916 febr. 3. Dél-Amerika északi része 2 percz ;  
 1918 jún 8. Oregontól Floridáig 2 percz ;  
 1919 máj. 29. Brazília, Nyugat-Afrika 6 percz.

Mind e fogyatkozások idejét és körülményeit rendszeresen közli az angol, német, francia és amerikai kormányok által két-három évvel előre kiadott csillagászati évkönyv. New-



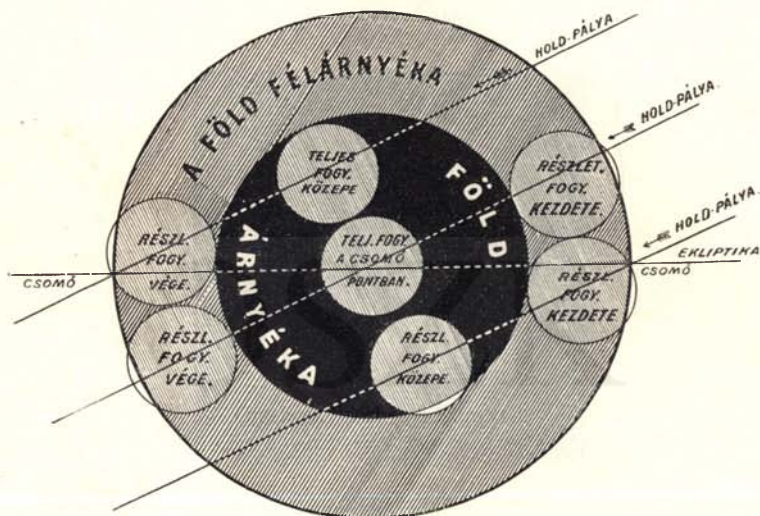
213. ábra.

Nap-korona 1889-ben (Pritchett nyomán).

Englandban vagy a Közép Államokban 1925 január 24-ig nem lesz látható teljes napfogyatkozás; csak eme napon fog az árnyékkúp Portland (Maine) közelében elhaladni. Az 1955-ik (India) és 1973-ik (Afrika) évben bekövetkező teljes napfogyatkozások egy évezred leghosszabb tartamú sötétülései, a mennyiben 7 percznél tovább fognak tartani.

**Holdfogyatkozások.** — Minthogy minden égi test hosszú kúpalakú árnyékot vet az űrben, bármely nem világító test szükségkép elsötétül, ha másik ilyen testnek árnyékába lép, más szóval fogyatkozás keletkezik. Mikor a Hold, a Földet körüljárva, útjában a Nappal pontosan vagy legalább majdnem szembe kerül, a Föld árnyékán halad keresztül s ekkor hold-

fogyatkozás támad. A 317. és 318. lapon közölt rajzokat vizsgálva, azonnal látjuk, hogy holdfogyatkozás csak akkor lehetséges, ha a Hold szembenállásban van, tehát holdtöltekor. Csak azért nincs minden hónapban holdfogyatkozás, mert a Hold, ha az illető időben nincsen az ekliptika síkjához, azaz csomójához közel, a Föld árnyéka felett vagy ez alatt fog elhaladni. Ép úgy, mint a Napnak, a Holdnak is lehet részleges fogyatkozása; de ez esetben a részlegesség onnan ered,



214. ábra.

A Föld teljes és félárnyékának átmetszete.

hogy a Hold a Föld árnyékkúpjának csak szélén halad át (lásd rajzunkban az alsó kis korongot), tehát nem sötétül el egész tányérja. A teljes holdfogyatkozás még akkor is lehetséges (lásd a három kis korong közül a legfelsőt), ha mellékbolygónk nem halad épen pontosan a Föld árnyékának középpontján keresztül, mert ez az árnyék ott, a hol a Hold átvonul rajta, majdnem háromszor akkora, mint a Hold átmérője. Minden holdfogyatkozás az egész félföldön látható, mely ez időben a Hold felé fordul. A teljesség fázisa körülbelül két óráig tart és az egész fogyatkozás tartama gyakran három órát is meghalad.

A holdfogyatkozás nagyságát gyakran hüvelykekben fejezik ki, megmondván, hogy a Hold átmérőjének hány tizenketted-része merül a Föld árnyékába. Rajzaink különböző nagyságú holdfogyatkozásokat ábrázolnak; figyelemre méltó a fényhatár szabálytalansága. Tizedrészekben is kifejezhetjük a holdfogyatkozás nagyságát; <sup>1</sup> 1·0 nagyságú akkor, ha a Hold csak egy pillanatra merül a sötét árnyékba és rögtön kibontakozik belőle.

**A Föld árnyékának átmérője.** — Minthogy a Hold közép-távolsága 384,000 kilométer, a Föld árnyéka annyira túlterjeszkedik a Holdon az ürbe, a mennyi az árnyék hosszának



215. ábra.

10½ hüvelykes (8·7 tizednyi)  
holdfogyatkozás.



216. ábra.

1 hüvelyk (0·8 tized) híján  
teljes holdfogyatkozás.

és a középtávolságnak különbsége; ez pedig 998,000 kilométer. Hogy milyen széles a Föld árnyéka azon a helyen, a hol a holdfogyatkozáskor a Hold átvonul rajta, ez az arány fejezi ki:

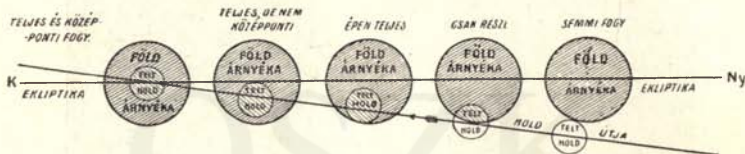
$$1.382,000 : 12,700 = 998,000 : x,$$

miből  $x$  majdnem 9200 kilométer, s ez a Hold átmérőjének  $2\frac{2}{3}$ -szorosa. Minthogy mellékbolygónk saját átmérőjével egyenlő utat körülbelül 1 óra alatt tesz meg, a középponti holdfogyatkozás 4 óráig tarthat, mely idő a Holdnak az árnyékba lépésétől a teljes kibukkanásáig telik el.

**Holdfogyatkozási határ.** — Minthogy a Hold pályája az ekliptikával szöget alkot, nyilvánvaló, hogy a holdfogyatkozás

<sup>1</sup> Európában az egyetlen divó mód.

csak többféle körülmény összetalálkozása folytán jöhet létre. Minden attól függ, hogy a Föld árnyékának középpontja holdtöltekor mily távolságban van a holdpálya csomójától. Rajzunk segítségével ezt megérthetjük. Különböző nagyságú holdfogyatkozások sorát látjuk ott a teljes és középponttól kezdve (bal felől) egészen az egyszerű érintkezésig (jobbról), mely gyakorlatilag már nem is megy fogyatkozás számba. Az ekliptikának e két szélsőség között levő, körülbelül 12 foknyi ívét holdfogyatkozási határnak nevezzük. Hossza a Naptól való távolságunkkal változik; nyilvánvaló ugyanis, hogy annál nagyobb a Föld árnyékának átmérője, minél távolabb vagyunk a Naptól. De a Hold távolságától is függ; mert minél közelebb van a Hold hozzánk, annál szélesebb a földárnyéknak az a része,



217. ábra.

Holdfogyatkozási határ a Hold felszálló csomójától nyugotra.

melyen keresztül kell haladnia. Ezen határon belül, holdtöltekor a csomóktól való bármilyen távolságban beállhat. Természetes, hogy ugyanakkora határ van a csomótól keletre is, tehát az egész ekliptikai ív, melynek mentében holdfogyatkozás lehetséges, majdnem 25 fok. Minthogy a Nap (következően a Föld árnyéka is) 26 napi idő alatt járja be ez ívet, minden csomó tájékán, tehát kétszer évenként, közel egy hónapi oly időköz van, mely alatt holdfogyatkozás lehetséges.

**Az elsötétült Hold még látható.** — Még a Föld árnyékának közepében is rendszeresen látható a Hold rézvízű fényben, habár a Nap közvetlenül nem világíthatja meg. E világítást minden valószínűség szerint azon napsugarak okozzák, melyeket földi légkörünk a szürkületi kör mentén az árnyék belseje felé tört; színe onnan van, hogy a légkör majdnem az összes kék sugarakat elnyeli és csak a vörösszínűeket bocsátja át.

Ha a légkör ezen öve teljesen derült, a Hold elsötétült részét természetesen teljesen kell látni, mint az 1895-ki hold-

fogyatkozást ábrázoló képünkön ; ellenben ha ez az öv majdnem teljesen borult, nagyon kevés fény hatolhat át rajta, mely a Holdra eshetnék, s ennél fogva az árnyék közepébe érve a szem elől teljesen elvész. Ehhez képest teljes holdfogyatkozás-kor a láthatóságnak mindenféle foka mutatkozik ; 1848-ban oly fényes volt a Hold, hogy némelyek kételkedtek a fogyatkozásban, holott 1884-ben a Hold rézszínű korongja oly tökéletesen eltűnt, hogy távcsővel is alig láthatták. 1895 szeptem-



218. ábra.

Az Amherst College-ban 1895 márczius 10-én épen a teljesség előtt megfigyelt holdfogyatkozás.

berében a Hold még a Föld árnyékának közepe táján is oly fényes volt, hogy BARNARD a rajzunkban látható fotografiát kaphatta. Természetesen hosszú felvétel kellett, s ez megmagyarázza, hogy a csillagok nem mint pontok, hanem mint vonalkák láthatók a képen, a mennyiben az óraművet a lassúbb mozgású Hold járásához kellett szabályozni. Teljes holdfogyatkozás-kor a csillagászok kényelmesen megméri a fogyatkozás különböző stádiumaiban a Hold sugárzó hőjének változását. Ugyanekkor jól megfigyelhető a gyöngye csillagok

elfödése, melyek fölött a holdkorong elhalad. Ha a Földnek egymástól távol eső pontjain végzett sok ilyenmű megfigyelést egybevetünk, ez a Hold nagyságának és távolságának szabatosabb meghatározására vezethet. Ily módon sikerrel értékesítették az 1888, 1895 és 1898. évi holdfogyatkozásokat.

**Nap- és holdfogyatkozások viszonyos gyakorisága.** — Húzzunk érintőket a Naphoz és a Földhöz, mint a 220. ábrában. A holdfogyatkozás akkor következik be, ha  $H'$  hold a sötét árnyékkúpba lép. Másrészt napfogyatkozást idéz elő, ha  $H$  hold a Föld kúpjának a Nap felé való meghosszabbításába



219. ábra.

Az 1895. szeptember 3-iki teljes holdfogyatkozás  
(Barnard fotográfiája nyomán).

kerül. Minthogy a meghosszabbított rész  $H$ -nál szélesebb, mint az árnyékkúp  $H'$ -nál, az előbbit többször találja a Hold, mint a másodikat, más szóval a napfogyatkozások gyakoriabbak, mint a holdfogyatkozások. A számítás<sup>1</sup> kideríti, hogy a viszonyos gyakoriság mintegy 4:3. Ez azonban csak a Földre mint egészre vonatkozik. Ha vizsgáljuk, hogy adott helyen milyen arányban fordulnak elő látható nap- és holdfogyatkozások, úgy fogjuk találni, hogy holdfogyatkozások hasonlíthatatlanul gyakrabban láthatók. Ez onnan van, hogy a holdfogyatkozásnak minden egyes fázisát mindig a fél gömbnél nagyobb földterületen szemlélhetni, holott a napfogyatkozást a Földnek csak ama

<sup>1</sup> Mely a fogyatkozási határok alapján is végezhető.

korlátolt helyéről láthatni, melyet a Holdnak teljes és félárnyéka súrol. Ha csak a teljes árnyék keskeny útját tekintjük, arra az eredményre jutunk, hogy valamely helyen átlag csak minden 350 évben láthatni teljes napfogyatkozást.

**Nap- és holdfogyatkozási szakok.** — Láttuk, hogy nap- és holdfogyatkozások csak akkor lehetségesek, ha a Nap közel van a Hold csomójához. Ha a csomópontok helyökből ki nem mozdulnának, a fogyatkozások nyilván mindig az évnek közel ugyanazon szakában ismétlődnének. De a csomók úgy mozognak nyugot felé, hogy  $18\frac{2}{3}$  esztendő alatt teljesen körüljárják az ekliptikát. Ép ezért a Napnak nem kell egész körutat tennie az égen, hogy valamely csomóhoz visszatérjen; ugyanazon csomón való kétszeri áthaladása között csak  $346\frac{2}{3}$  nap telik el. Ezt az időt fogyatkozási évnek nevezzük.



220. ábra.

Több a nap- mint a holdfogyatkozás.

Ugyanazon csomónál tehát a fogyatkozások évenként közel három héttel előbb állanak be. Az 1899-ik év derekán júniusban voltak a fogyatkozások, 1900-ban és 1901-ben májusra estek. A csomón való minden átmenet oly időnek közepét jelzi, mely alatt a Nap az ekliptikán a fogyatkozási határ kétszeresével egyenlő ívet jár be, és csakis ily időben lehet nap- vagy holdfogyatkozás. Az ily időt tehát fogyatkozási szaknak nevezzük. Minthogy a napfogyatkozási határ tágabb, mint a holdfogyatkozásé, az elsőnek megfelelő időszak is a nagyobbik; az egyik időszak 37, a másik 26 napos.

**Fogyatkozások visszatérése és a Saros.** — A chaldeusokig visszanyúló hajdankor, Kr. e. 700 óta ismeretes a *saros* nevű időszak, melynek alapján a fogyatkozások visszatérését közelítőleg előre jósolhatjuk. A *saros*  $6585\frac{1}{3}$  napot vagy 18 évet,  $11\frac{1}{3}$  napot foglal magában. Ez időszak eltelte után a Nap és a Hold középpontja ismét majdnem ugyanoly viszonylagos helyzetben van, a milyenben a ciklus kezdetén volt és

ez a helyzet egyszersmind bizonyos, a Hold pályájára vonatkozó, a saros pontosságát lényegesen emelő technikai feltételeknek is megfelel. Nap- és holdfogyatkozások visszatérte egyaránt jósolható ily úton.

Teljes napfogyatkozás volt Egyiptomban 1882 május 17-én; ha ez időponttól a saros segítségével előre számítunk, megkapjuk az 1900 május 28-án már végbement napfogyatkozást és megjósolhatjuk az 1918 június 8-ára várhatót. De e meghatározás így csak általánosságban történhetik; ha szabatos ismerete szükséges a fogyatkozás körülményeinek és a helyeknek, a hol látható lesz, az *ephemerisek* vagy a csillagászati évkönyvek alapján való számítás elkerülhetetlen. Figyelemre méltó a *saros*-ban előforduló  $\frac{1}{3}$  nap hatása: minden visszatéréskor mintegy 120 hosszúsági fokkal nyugat felé van az a hely, a hol a fogyatkozás látható; 1882-ben Egyiptomban, 1900-ban az Atlanti-tengeren volt, 1918-ban a Csendes-tengeren lesz látható. Ezért 54 év, 1 hó, 1 nap vagyis a *saros* háromszorosának eltelte után a fogyatkozás majdnem ugyanazon hosszúság alatt fog visszatérni, de útja a szélesség irányában mindig pár száz kilométernyire tolódik el. Így például 1842 július 8-án Közép-Európában észleltek teljes fogyatkozást, de visszatértekor, 1896 augusztus 9-én Norvégiában volt látható. Egy *saros* folyamában körülbelül 70 fogyatkozás keletkezik, 40 nap- és 30 holdfogyatkozás.

**A fogyatkozás élettörténete.** — Ha a fogyatkozásokat a *saros*-hoz való viszonyukban tekintjük, mondhatjuk, hogy mindegyiköknek van élettörténete. Bármilyen természetű jelenleg valamely fogyatkozás, akár részleges, akár teljes vagy gyűrűs, nem volt mindig olyan a multban és nem fog változatlanul ilyen természetű maradni határtalan jövőben. Négy új<sup>1</sup> és nagyon kiterjedelmű részleges napfogyatkozás születik minden száz esztendőben; megnő és teljes, vagy gyűrűs fogyatkozásokká érik, azután pályája hanyatló részét részleges fogyatkozások alakjában éli és mindinkább kisebbedik, míg végre a Holdnak félárnyéka sem éri el a Földet, mire a fogyatkozás végképen kimarad. Holdfogyatkozásnak élettartama

<sup>1</sup> Azaz a pillanatnyilag folyó sarosban *nem* foglalt fogyatkozás. R.

hosszú 900 esztendő, azaz a saros szerint való visszatéréseinek száma majdnem 50; de napfogyatkozások, melyeknek fogyatkozási határa tágabb, 70-szer is visszatérnek és közel 1200 éves ciklusban maradnak fenn.

**Csillagok és bolygók elfödése a Hold által.** — Közel rokon a fogyatkozásokkal a csillagfödés (*occultatio*) nevén ismeretes tünemény, mely abban áll, hogy a Hold a Föld és valamely csillag, vagy bolygó közé lépve, azt előlünk eltakarja, elfödi. A födésnek csak két fázisa van: az eltűnés és a kibukkanás, és ha csillagról van szó, e tünemény mindegyike rendkívüli hirtelenséggel következik. Az eltűnéseket legjobb a holddujság és holdtölte, a kibukkanást holdtölte és holddujság között megfigyelni, mert ekkor e jelenségek a Hold sötét szélén játszódnak le. Mikor a holdsarló még keskeny, már igen kis távcsővel is elég szépen láthatni ez érdekes tüneményeket. A *Fiastyúk* csillagjainak (Plejádok) elfödése különösen érdekes és fontos. Sok száz csillagfödés ideje előre ki van számítva a csillagászati évkönyvekben. A nagyobb bolygók elfödése nagyon ritka tünemény; a legközelebbi években nem is nyílik nálunk alkalom megfigyelésére.

Országos Széchényi Könyvtár

### XIII. FEJEZET.

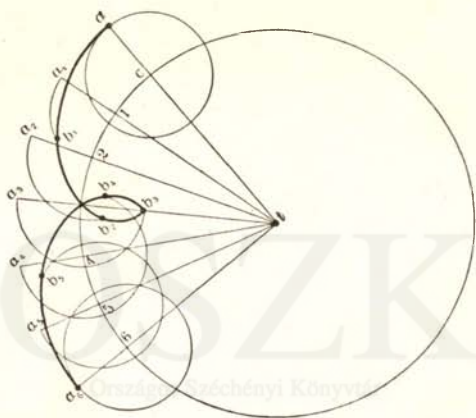
## A B O L Y G Ó K.

Minden ellenállást legyőző vonzás a naprendszer nagytömegű középponti gömbjéhez fűzi a bolygók osztályába sorozott testek sokaságát. Mindjárt a Hold után következve, valamennyi égi test közül legközelebb vannak hozzánk, miért is a csillagászok távcsöveik segítségével számos ismeretet szerezhettek rólok. De mielőtt ezekről szólnánk, a bolygók mozgását és időben változó állásait (aspecta), meg fényváltozásait (fázis) vesszük szemügyre.

*A bolygók mozgásai. — Osztályozásuk. — Aspecták. — Fázisok.*

**A bolygók látszólagos mozgásai.** — Éjjelenként kísérjük szemmel az eget. Úgy tetszik, mintha valamennyi fényes csillag és hasonlóan minden gyöngye fényű is, a forgó éggömbre volna szegezve; azaz a csillagok egymáshoz képest nem változtatják helyzetüket. De majdnem minden időben egy, vagy két oly fénylő égi test is látható, mely az egy egésznek tekintett csillagrendszerhez nem tartozik, helyzetét a szomszédos álló csillagokhoz képest hétről-hétre lassankint változtatja. Már a legrégebb csillagászok is észrevették ez égi testek látszó mozgásait és az efféle testeket planétáknak, azaz bolygóknak nevezték el. A bolygóknak mozgása nagyon szabálytalannak látszik a csillagok között; többnyire kelet felé haladnak (direkt mozgásúak), majd lassabban mozognak és végre különböző hosszú időn át majdnem teljesen megállapodnak (stationálás). Ezután kezdődik hátrálásuk (retrograd mozgás), azaz nyugot felé mozognak.

De előre haladásuk mindig jelentékenyebb, mint nyugot felé való mozgásuk, és így mindannyian kisebb-nagyobb időközökben teljesen körülutazzák az eget. A fényesebbjeik közül egy sem található soha az állatövön kívül; *Merkur* is, mely az öv széléhez még legközelebb jár útjában, mindig két holdtányér-szélességnyire marad azon belül. Ha az összes bolygók látszólagos mozgásait tanulmányozzuk, nagyon sokféle görbére akadunk; de ha a Napról szemlélhetnők a mozgást, nem látánk ily bonyolódott pályákat; ezek csak onnan erednek, hogy



221. ábra.

Bolygómozgás magyarázata epicyklus által.

nézőpontunk a Föld, maga is a bolygók egyike, mely ép úgy, mint a Naphoz kötött többi test, folytonosan mozog.

**A bolygómozgás epicyklikus magyarázata.** — A bolygóknak szabálytalan mozgását a csillagok között HIPPARCHOSZ idejétől kezdve (Kr. e. 130) elmésen magyarázták a csillagászok az epicyklus segítségével. Epicyklois-nak nevezzük annak a pontnak pályáját, mely apró kör kerületén egyenletesen kering, mialatt e kör középpontja nagyobb körnek kerületén egyenletes sebességgel mozog.

Rajzunk ezt meg fogja világítani. Az *epicyklus*-nak nevezett kis körnek  $c$  középpontja a nagy körnek, vagy deferensnek  $t$  középpontja körül mozog  $s$  ekkép a körforgás egy-egy huszonnegyed részének elteltével egymásután az 1, 2, 3, 4 sat.

pontba érkezik. De mialatt  $c$  középpont 1-ig halad, az  $a$  pont az epicyklusnak  $a_1 b_1$  nagyságú ívét járja be. A két mozgás összetevődése következtében  $a$  pont útja a vastagon húzott vonal, melynek sorban  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  pontjaihoz ér, ha  $c$  középpont az 1, 2, 3, 4, 5 helyzeteket foglalja el. Mikor a bolygó  $b_2$ -ből  $b_4$  felé halad, látszólag hátrafelé mozog, azaz retrograd mozgást végez a csillagok között. Ha alkalmasan választották az epicyklus és deferens kör sugarát és benne a mozgás sebességét, a bolygóknak minden látszó mozgását majdnem teljesen sikerült megmagyarázni. Ez az alapjában hibás rendszer, melyet PTOLEMAEUS (Kr. u. 140) *Almagest* című nagy művében állított fel, mindaddig dívott, míg COPERNICUS 1543-ban közzétett nagy művével: *De Revolutionibus Corporum Coelestium* halomra nem döntötte.

**A bolygók pusztá szemmel tekintve.** — *Merkur* az Egyesült Államokban<sup>1</sup> bármely szélesség alatt gyakran látható épen a keleti horizon felett napfelkelte előtt (augusztus, szeptember vagy október hónapokban), vagy pedig épen a nyugati horizon felett naplemente után (februárban, márciusban vagy áprilisban). E hónapokban az ekliptika igen nagy szöget alkot a horizonttal és *Merkur* meglehetősen fényes, de mindig erősen pislogó csillagként tűnik fel a szürkületi égbolton. *Vénus*-t, mely a Nap és Hold után a legfényesebb égi test, mindenki ismeri. Minden időben annyira fényesebb minden más bolygónál, hogy félre nem ismerhető, akár keleten van kora hajnalban, akár nyugoton naplemente után, a szerint, a mint pályájában a Földhöz képest milyen helyet foglal el. Mikor *Vénus* a Nap közelébe kerül, rendszerint nem látható, mert a napfény túlsugározza; de legnagyobb ragyogása időszakában pusztá szemmel nappal sem nehéz a délkör közelében meglátni a tiszta kék égbolton. *Mars*, a mikor látható, a többi csillagtól barnás-vörös színével üt el. Mind a Földtől, mind a Naptól való távolsága oly tetemesen változik, hogy némelykor igen gyöngé, máskor meg, midőn legközelebb áll, rendkívül erős fényű. Fény dolgában mindjárt *Vénus* után *Jupiter* következik. Habár *Vénus*nál sokkal halványabb, mégis felül-

<sup>1</sup> És hasonlóképen nálunk is.

mul minden álló csillagot. *Saturnus*-t a többi csillagtól nehéz megkülönböztetni, mert körülbelül olyan a fénye, mint valamely elsőrendű csillagé. Színe kissé sárgás, és ha jól megnézzük, észrevehetjük az álló csillagokon megszokott pislogás hiányát. Ily pislogás Merkúr kivételével a többi bolygón csakis akkor észlelhető, ha a horizonhoz nagyon közel vannak; és ez az egyszerű körülmény eléggé megkönnyíti a szomszédos álló csillagoktól való megkülönböztetésüket. *Uranus*-t, mely a szabad szemmel való láthatóságnak épen határán van, a tavaszi és nyári hónapokban megpillanthatjuk, ha elég éles a szemünk, és ha tudjuk, hogy mely helyen keressük. Kedvező időben és kedvező alkalommal az apró bolygók egyike, *Vesta* is még látható távcső nélkül. *Neptunus*-t optikai segédműszer nélkül sohasem pillanthatjuk meg.

**A bolygók észszerű osztályozása.** — Sem a látszó mozgás, sem a szabad szemmel való láthatóság nem szolgálhat a bolygók osztályozásának alapjául, hanem csak a Naptól való távolságuk és nagyságuk. Távolság szerint belülről, a Naptól kifelé sorakoztatva, a nyolcz főbolygónak és jeleinek egymástánja a következő:

♀ *Merkur*, ♀ *Vénus*, ♂ *Föld*, ♂ *Mars*, ♃ *Jupiter*, ♄ *Saturnus*, ♅ *Uranus*, ♆ *Neptunus*. Ezek közül *Merkur* és *Vénus*, minthogy pályájuk a földpályán belül van, alsó bolygók; a *Föld* után következők a felső bolygók és ezekhez sorolandó természetesen az *Aszteroidok*-nak vagy *apró bolygók*-nak a *Mars* és *Jupiter* között levő gyűrűje is. A bolygók valódi mozgása a Nap körül az óramutatóéval ellenkező irányban, vagyis<sup>1</sup> nyugotról kelet felé halad.

Gyakran a bolygók nagyságával számoló más osztályozással is találkozhatunk:

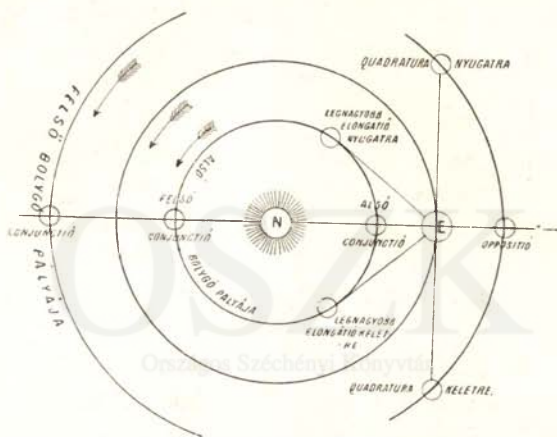
(I). *Belső vagy a Föld csoportjába tartozó bolygók*: *Merkur*, *Vénus*, *Föld*, *Mars*; továbbá ide tartoznék a Merkuron innen való, még kétségtelenül ki nem mutatott bolygó.

(II). *Aszteroidok vagy apró bolygók*, más néven *planetoidok* vagy *kis bolygók*.

<sup>1</sup> Dél felé nézve.

(III). *Külső vagy nagy bolygók: Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus.*

Ez utóbbi osztályozásban az Aszteroidok öve határozott választó vonalul szolgál, de a felosztás főleg a bolygók nagyságán alapul, mert a Föld csoportjába tartozó bolygók mindannyian sokkal kisebbek, mint a külső vagy nagy bolygók. E helyen említhetnők az *állatövi fényt* és a visszafénylést (Gegenschein); mindkettő az éjjeli égbolt gyengén világító területe. Fénye valószínűleg meteorszerű anyagból álló felhőkön visszavert napfény. Ez anyag, minthogy minden részecs-



222. ábra.

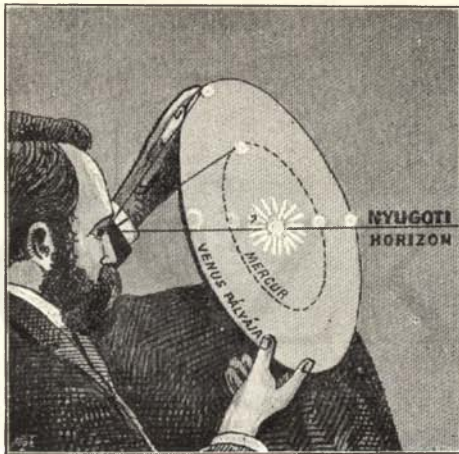
Alsó és felső bolygók.

kéje bolygóként független pályán mozog a Nap körül, bolygó természetűnek tekintendő. Az összes bolygókat, tekintet nélkül nagyságukra, a hozzájuk tartozó mellékbolygókat, a Napot magát és az üstökösök, valamint meteorok sokaságát összefoglalva gyakran *naprendszer*-nek nevezzük.

**Az alsó bolygók állásai.** — *Merkur* és *Vénus*, a középonti égi test körül mozogva, szabályszerű időközökben egy és ugyanazon vonalba kerülnek a Földdel, mint rajzunkon látható. Ha a bolygó a Föld és a Nap közé jut, ezt az állást (configuratio, aspectus) *alsó együttállásnak* nevezzük; *felső együttállás* pedig az, ha a bolygó a Napon túl van. Alsó együttálláskor a bolygó lehető legközelebb van a Földhöz,

felső együttálláskor a lehető legnagyobb távolságban van tőle. Az alsó együttállás mindkét oldalán a bolygók legnagyobb fényességüket érik el; *Merkur*-ral megtörténik ez az alsó együttállás előtt, vagy utána körülbelül három héttel, *Vénus*-nál ez az idő mintegy öt hét. Ilyenkor *Vénus* több napon át déli tizenkét órakor is látható a tiszta kék égen, éjjel pedig majdnem szemkápráztató a ragyogása, és minden visszatérése alkalmával megtéveszti a csillagászatban járatlanokat.

A nyugati kitéréséhez (elongatio) közel álló *Vénus*-t 1887—

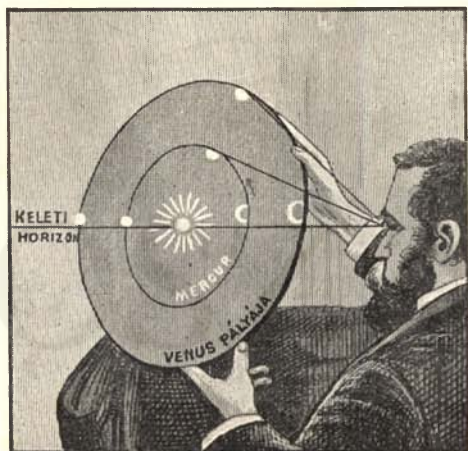


223. ábra.

Az alsó bolygók legnagyobb kitérése (tavaszkor, naplemente után).

1888-ban sokan a bethlehemi csillagnak nézték, és 1897-ben télen és tavaszkor, midőn *Vénus* a horizon fölött magasan tündökölt, heteken át nagy közönség hitelt adott New-Englandban annak az ujsághírnek, hogy a nyugoti égen tündöklő fényjelenség nem más, mint elektromos lámpa, melyet Szirakuzában léggömbbel a magasba bocsátanak és minden este kilenc órakor ismét lehúznak. Legközelebb 1902 január 10-én és 1903 augusztus 13-án keleti, és 1902 márczius 20-án és 1903 október 24-én nyugoti kitérés mellett fogja *Vénus* legnagyobb fényességét elérni; de hogy mit mesélnek majd akkor róla, alig érdemes kutatni.

**Az alsó bolygók legnagyobb kitérése.** — Az alsó bolygó legnagyobb kitérésén (elongatio) azt értjük, hogy a Naptól való szögtávolsága lehetőleg nagyobb. Ezt a következő mintával igyekezünk megvilágosítani. A Földet az észlelőnek szeménél képzeljük és a körülbelül 4 $\frac{1}{2}$  decziméternyi átmérőjű, a szemtől 3 decziméternyire tartott vékony korong az alsó bolygók pályáinak síkját képviseli. A bolygók a nyilak irányában mozognak; felső együttálláskor legtávolabb vannak a szemtől és azért látszó átmérőjük legkisebb. Körmozgásukat



224. ábra.

Alsó bolygó legnagyobb nyugoti elongatiója alkalmával (napkelte előtt, őszszel).

folytatva, a legnagyobb kitérés alkalmával közelednek felénk, nagyobbodnak és olyan a fényalakjuk, mint első negyedkor a Holdé. Ekkor Vénus a Naptól 47 fokú szöggel áll. Merkur hasonló állásban mintegy 28 foknyira is lehet; de pályája annyira nyújtott, hogy a midőn egyúttal a nap közelben van, csak 18 fokra távozik a Naptól.

Később, az alsó együttálláshoz közeledve, a fényalak folytonosan keskenyedő sarló, melynek átmérője azonban fokozatosan növekedik, mint az imént említett rajzunkon látható. Ez ábrából az is kitűnik, hogy milyen a pályáknak látszólagos fekvése a horizonhoz képest, midőn a legnagyobb

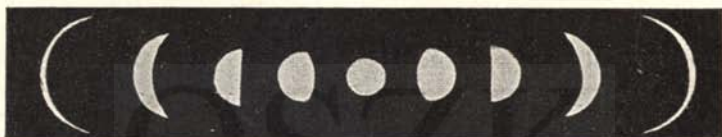
keleti kitérés tavaszra esik. A megfigyelő naplementekor nyugot felé néz és a kitérésben lévő bolygók magasan a szemhatár fölött világos alkonyatban tündökölnek, és ekkor legjobban és legkényelmesebben láthatók. A nyugoti legnagyobb kitéréskor napkelte előtt és keleten kell a bolygókat keresni, mint rajzunk ábrázolja (mely a pályának a keleti szemhatárhoz őszkor való hajlását is feltünteti). Az ókor népei korán észrevették ugyan, hogy e két helyzetben ugyanazon Vénus bolygóval van dolguk, de megtartották a kettős névben rejlő költői megkülönböztetést: *Phosphorus*-nak hívták a hajnalcsillagot, *Hesperus*-nak az alkonycsillagot.

**A felső bolygók állásai.** — A felső bolygók, minthogy a Föld pályáján kívül és túl vannak, egészen 180 foknyira távozhatnak a Naptól. A mennyiben ilyenkor az éggömb ellenkező oldalán állanak, úgy mondjuk, hogy szembenállásban vannak (oppositió, l. a 344. lapon.) Együttállásuk (conjunctio) az, ha az állatöv ugyanazon részében a Nappal együtt/találhatóak. Az említett két állás között középen negyedben vagy negyedfényben (quadratura) van a felső bolygó, azaz a Naptól való szögtávolsága vagy kitérése (elongatio)  $90^\circ$ . Szembenállás, együttállás és negyedek rendszerint az ekliptikára vonatkoztatott fogalmak és az illető égi testek között fekvő ívek közelítőleg hosszúsági ívekül tekinthetők. Némelykor azonban szükséges az egyenlítőre vonatkoztatni és egyenes emelkedésben bekövetkező együttállásról szólni. Az alsó bolygók sohasem juthatnak sem szembenállásba, sem negyedbe, mert legnagyobb kitérésök még nagyon messze marad a  $90$  foktól.

**A bolygók fázisai.** — Némely bolygó, távcsövön figyelve a Hold összes fényváltozásait feltünteti. Mások időnkint hasonlóak a Hold bizonyos fényalakjához, ismét másoknál semmiféle fázis nem található. Az első osztályhoz tartoznak az alsó bolygók, *Merkur* és *Vénus*. Ha ezek az alsó együttálláshoz közelednek, sarló alakjuk mindjobban vékonyodik, olyfomán, mint közvetlenül holddujság előtt a Holdon láthatjuk. Ellenben az alsó együttállástól a felsőbe való átmenetelkor az újhold és holdtölte között lefolyó összes fényváltozások észlelhetők. Miként a Holdon is, a sarló szarvai a Naptól mindig elfordulnak (tehát csillagászati, megfordító távcsövön nézve, a Nap felé néznek). A legnagyobb

kitérés közelében e bolygók fényalakja a Hold negyedeire hasonlít. A legelső felfedezések egyike, melyet GALILEI 1610-ben az első csillagászati távcsővel tett, *Vénus* fényalakja volt. A felső bolygók egyike sem mehet át a Hold összes fényváltozásán, mert sohasem kerülhet a Föld és a Nap közé.

Fázisuk foka<sup>1</sup> annál kisebb, minél távolabb vannak tőlünk és ezért még legtetemesebb a *Mars*-on. Ez a bolygó negyedállásában púpos, mint a Hold három nappal holdtölte körül. A *Mars*-fázis legnagyobbikát a VI. tábla ábrázolja (a 392. lap után.) De szembenállásban *Mars* is teljes korongként tűnik fel, mint általában valamennyi többi bolygó. A kis bolygók némelyikén szintén észlelhetni fényalakokat; nem láthatjuk ugyan közvetlenül, mert korongjuk igen kicsiny, de következtethe-



225. ábra.

Merkur fázisai és látszólagos nagysága.

tünk reá fényességüknek a negyedállástól a szembenállásig bekövetkezett változásából, a mint ezt PARKHURST<sup>2</sup> meghatározta. *Jupiter*-nek a negyedfényben van még csekély, habár alig mérhető fényalakja; de a többi külső bolygó — *Saturnus*, *Uranus*, *Neptunus* gyakorlatilag mindig teljes korongnak tekinthető.

**A hurokképződés magyarázata a felső bolygók látszólagos pályájában.** — Tartsuk szem előtt a 226. ábrát. A legnagyobb ellipszis, *ABCD* az ekliptika. A középső ellipszis valamely külső bolygó pályája; a legkisebb magának a Földnek útja. A bolygó előre haladtában mindig *GH* irányban mozog. A Nap az ábra közepén van. Ha a Föld a pályáján egymásután 1, 2, 3, 4, 5, 6 és 7-tel jelölt pontokba jut, a külső bolygó a középső ellipszisnek megfelelő számmal jelölt pontjában van. Ezért a bolygót az egyenlő számokat össze-

<sup>1</sup> Melyen a telt korongtól való eltérés értendő.

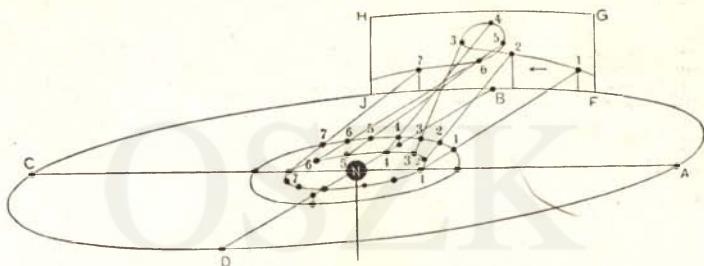
*R.*

<sup>2</sup> És még sokkal nagyobb terjedelemben Müller Potsdamban.

*R.*

kötő egyenesek irányában látjuk az égboltra vetítve. E vonalak az éggömb *GHI* övét a szintén 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 jelzésű pontokban az állatöv csillagai között metszik. Sorban tekintve e pontokat, világos, hogy a bolygó 1-től 3-ig előre halad, 3-tól 5-ig hátrál és 5-től 7-ig ismét előre mozog. Továbbá a hátráló mozgás leggyorsabb 3-tól 4-ig, a mikor a bolygó közel van a szembenálláshoz és a Földtől való távolsága lehető legkisebb. Általában, minél közelebb van a bolygó a Földhöz, annál nagyobb terjedelmű hurkot alkot.

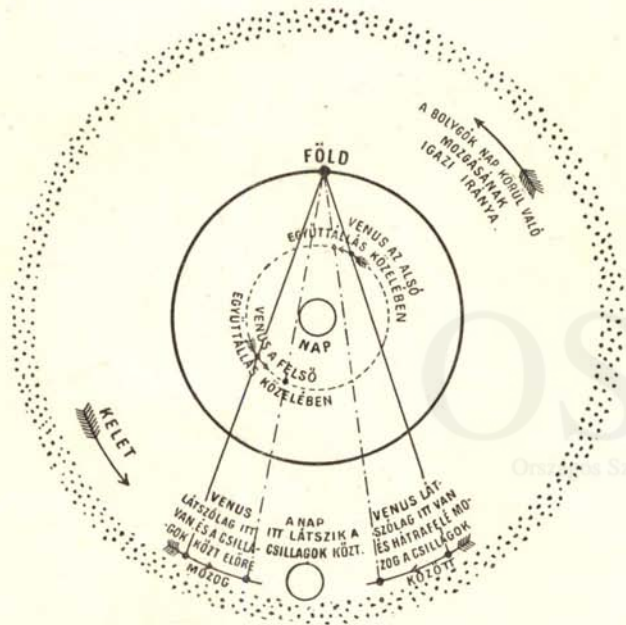
**A bolygó földközelségében hátrál.** — Tekintsük először az alsó bolygókat, melyeket *Vénus* képviselhet. A 227. ábra külső, álló csillagokkal behintett gyűrűje az állatövet ábrázolja.



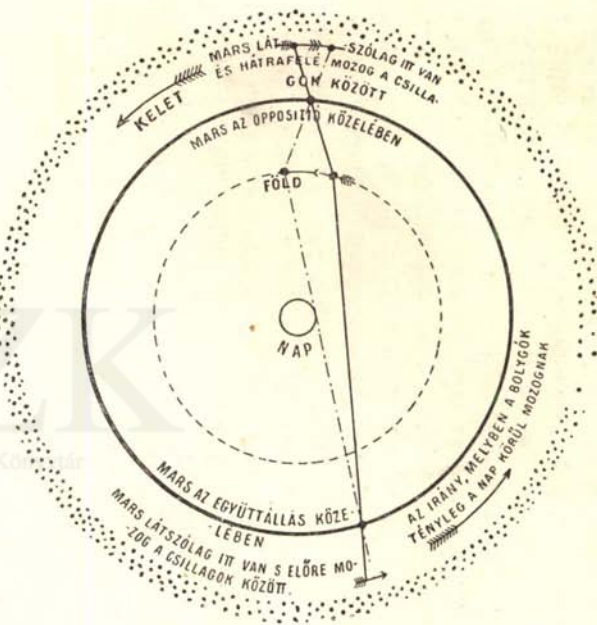
226. ábra.

Hurokképződés a külső bolygó pályájában.

Belül két nagy nyíl jelzi az óramutatóéval ellenkező irányt, melyben a bolygók a Nap körül valóban mozognak. A Föld pályája a bal oldali rajznak külső, kihúzott köre és a pontozott, belső kör a *Vénus* pályája. Minthogy *Vénus* gyorsabban mozog, mint a Föld, nyilván szabad az utóbbit állónak tekinteni, és így *Vénus* a pálya felső részén, a hol az alsó együttállás bekövetkezik, utóléri. De *Vénus* e helyzetében messze túl a Napon az álló csillagok között látszik, következésképp tényleg előre irányuló mozgása az égbolton hátrafelé tartónak látszik, mint alul a jobb oldali nyíl jelzi. Most nézzük a külső bolygókat, melyeknek képviselőjéül *Mars* tekinthető. A jobb oldali rajzban a belső kör a Föld pályája, a külső pedig *Marsé*; és minthogy a Föld sebesebben mozog, mint *Mars*, az első a mozgó, a második az álló testnek vehető.



Az alsó bolygók alsó együttálláskor hátrafelé haladnak.



A felső bolygók szemköztálláskor hátrafelé haladnak.

227. ábra.

Valamennyi bolygó akkor halad hátrafelé, mikor legközelebb van a Földhöz, és előre akkor, midőn legtávolabb van a Földtől.

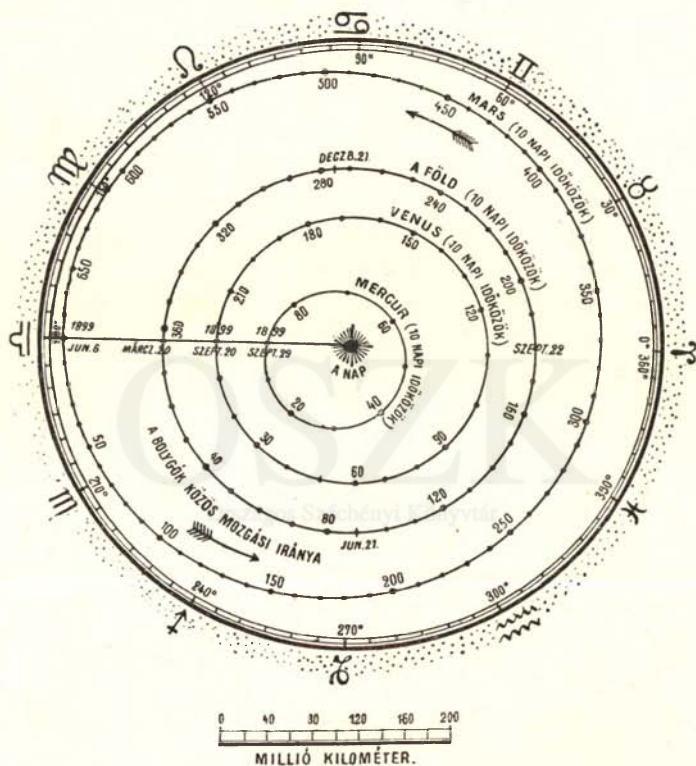
Az ábra felső részében a szembenállás következik be, és a Föld Marsot utóléri, majd elhagyja. De Mars tényleges helyzetén jóval túl a csillagok között látszik, és látszó mozgása nyilván nyugoti irányú vagy hátráló, a mint az apró nyíl az ábra tetején jelzi. Ekkép arra a következtetésre jutunk, hogy *valamennyi, akár alsó, akár felső bolygó mozgása hátrafelé tartó, mikor az illető bolygó a Földhöz legközelebb van.*

**A bolygó földtávolában előre tart.** — Térjünk vissza Vénus alsó bolygóhoz és tekintsük ismét a bal oldali idomot, a hol e bolygó pályája alsó részén, legtávolabb áll a Földtől és jóval túl a csillagok között a Naptól nyugotra vagyis (a Földről nézve) jobbra látszik. E helyen a pályában való haladásnak vagy keleti mozgásnak a csillagok között is előretartó mozgás felel meg. Vénus látszólag a Nap felé mozog; ezt nemsokára utóléri és mögéje kerül. Most ismét a külső bolygóra térünk át. Feltéve, hogy Mars megáll a fekete pont helyén pályája alsó részében, a Föld (a pálya felső részében, úgy hogy a két égi test lehető legtávolabb van egymástól) a rajta keresztül menő nyíl irányában kelet felé mozog. E mozgás következtében Mars — úgy látszik — előre halad az éggömb ellenkező vagy alsó oldalán (a rajzon alul látható igen apró nyíl irányában). Mindezeknél fogva általános végkövetkeztetésünk ez: *Minden, akár alsó, akár felső bolygónak látszólagos mozgása a Földhöz való legnagyobb közelsége idejében mindig hátráló (retrograd), a Földtől való legnagyobb távolsága idejében pedig előre vagy kelet felé tartó (direkt).*

*Bolygópályák. — Elemek. — Keringési idők. — Mozgási törvények.*

**A négy belső bolygó.** — Rajzunk a négy belső bolygó, *Merkur, Vénus, Föld és Mars* pályáit ábrázolja. Jegyezzük meg, hogy míg Vénusnak, és a Földnek pályája majdnem kör, melynek középpontjához közel van a Nap, addig Merkur és Mars pályái külpontiak (excentricus). Valamennyi bolygónak pályája annyira megközelíti a kört, hogy e könyv kis méretű rajzaiban körök segítségével elég pontosan feltüntethető. Ha a pályának külpontossága (excentricitas) tetemes, ezt kielégítő pontossággal legjobban azzal teszszük szembetűnővé, hogy a Napot a középponttól kissé oldalt helyezzük el.

A bolygópályákat bekerítő kettős külső kör az ekliptikát ábrázolja; fokokra van osztva, melyek 0-tól 360-ig keleti, vagyis az óramutatóval ellenkező irányban a rajzban látható állatövi jegyek rendjében haladnak; a tavaszi napéjegyenlőség pontja, vagyis a kos eleje 0 foknak felel meg. Mindegyik

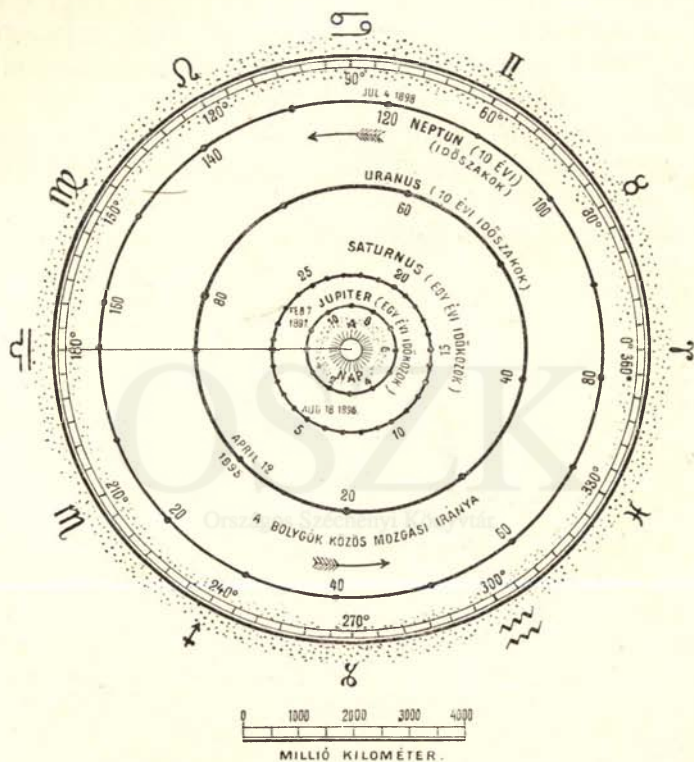


228. ábra.

A négy belső bolygó pályája és heliocentrikus mozgása.

bolygópályán apró fekete pontok jelzik azokat a helyeket, a hova a bolygók tíz-tíz nap eltelte után kerülnek, ha mind-egyiknek nulla- vagy kiinduláspontja a hosszúságnak 180-ik foka. Valamennyi bolygó keleti, vagyis az óramutató mozgásával ellenkező irányban halad a Nap körül, mint a nyilak jelzik. Ha bármely bolygónak a Földtől, vagy egy másik bolygó-

tól való távolságát keressük bármely időpontra vonatkozólag, először meghatározzuk a két bolygónak pályájukban való helyzetét, úgy, hogy a térképünk bal oldalán a hosszúság 180-ik fokánál minden bolygóra meghatározott kelettől tovább számítjuk a napokat. Ha ez megtörtént, körzővel lemérjük a



229. ábra.

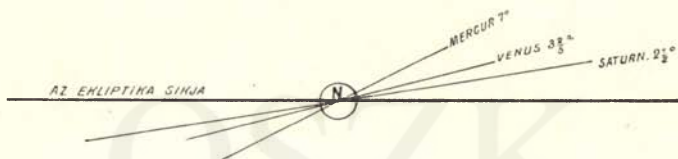
A négy nagyobb bolygó pályája és heliocentrikus mozgása.

két bolygó távolságát, melyet az alsó skála segítségével millió kilométerekben lehet kifejezni.

**A négy külső vagy nagyobb bolygó.** — 229. ábránk a négy külső bolygó, *Jupiter*, *Saturnus*, *Uranus* és *Neptunus* pályájának a rajza. Észrevehető, hogy e pályák szemmel láthatóan köralakúak és egyközepűek; csak *Uranus*

kivétel, a mennyiben pályájának középpontja kissé oldalt esik a Naptól. A kettős külső kör itt is, miként az előbbi rajzban, az ekliptikát képviseli. A kis fekete pontok *Jupiter* és *Saturnus* pályáin e bolygóknak egy-egy év eltelte után elfoglalt helyeit jelzik; hasonlóképp látható *Uranus* és *Neptunus* helyzete 10 évi időközökben; a kiindulási pont mind a négy esetben a hosszúság 180-ik fokára esik. A bolygóknak egymástól, vagy a Földtől való távolsága bármely időpontra vonatkozólag ép úgy meghatározható, mint a belső bolygóknál láttuk.

**A bolygópályák igazi alakja.** — Ha módunkban volna csillagvizsgálónkat távesövínkkel együtt a Földről sorban minden egyes bolygóra áthelyezni, s ha mindannyiszor igen finom mérésekkel oly módon határoznók meg a Nap átmérőjét, mint



230. ábra.

A nagyobb pályahajlású bolygók.

a Földről tettük (l. a 141. lapon), mindegyik esetben teljesen hasonló eredményre jutnánk. Ebből következtetjük, hogy valamennyi bolygó pályája a térben ellipszis, melynek egyik gyújtópontjában a Nap foglal helyet. Egy bolygópálya sem esik azon síkba, melyben a Föld pályája van, és eszerint minden bolygónak külön ekliptikája van, melyben pályája elterül.

**Hajlás és csomóvonal.** — A nagy bolygók pályái, Merkur, Vénus és Saturnus kivételével, az ekliptikához két foknál kisebb szög alatt hajolnak. *Saturnus* hajlásszöge  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ , *Vénus*-é  $3\frac{2}{5}^{\circ}$ , *Merkur*-é  $7^{\circ}$  (l. rajzunkat). Az apró bolygók pályái sokkal meredekebben állanak; hat esetben a hajlásszög több, mint 25 fok és az egész csoportra nézve átlagos nagysága körülbelül  $8^{\circ}$ . Az ekliptika és valamely bolygópálya két szembenfekvő átmetszéspontját *csomók*-nak nevezzük.

**A bolygópályák külpontossága.** — *Merkur* külpontossága  $\frac{1}{5}$ , *Mars*é  $\frac{1}{11}$ , *Jupiter*-, *Saturnus*- és *Uranus*-é közel  $\frac{1}{6}$ , *Vénus*-

és *Neptunus*-é igen csekély. A külpontosságnak legfontosabb következménye az, hogy a bolygónak távolsága a Naptól napközeli (perihelium) és naptávolság (aphelium) között megváltozik, és hogy keringési sebessége is megmásul. A következő tábláska a külpontosságot és azt a különbséget jelzi, a melylyel a bolygónak naptávolsága egészben változik.

Külpontosság és a Naptól való távolságnak változása.

Bolygó	Excentricitása	Távolságának változása	Bolygó	Excentricitása	Távolságának változása
Merkur	0.2056	24	Jupiter	0.0482	75
Venus	0.0068	1.6	Saturnus	0.0561	160
Föld	0.0168	5.00	Uranus	0.0464	266
Mars	0.0933	42.5	Neptunus	0.0090	81

Némely apró bolygó külpontossága még a Merkurének kétszeresét is meghaladja; ezek a napközeli Mars pályája közelében érik el, míg a naptávolság alkalmával Jupiter pályája közelébe vándorolnak. Pályáik átlagos külpontossága szélsőséges, körülbelül akkora, mint Merkuré. *Andromache* (175)<sup>1</sup> pályája nagyon hasonlít *Tempel* üstökösének pályájához (l. a 283. ábrát).

**Synodikus keringési idő.** — Mint a Holdnak, úgy minden bolygónak is kétféle keringési ideje van. A sziderikus keringés azon idő, mely alatt a bolygó egyszer egészen körüljárja a Napot, visszatérve ahhoz az állócsillaghoz, melylyel kiindulásakor együttállásban volt. Ha ezen időközben a Föld a Naphoz képest nem változtatná helyzetét, akkor azon idő, mely alatt a bolygók az ekliptika kerületén végighaladnak, egyszersmind az igazi sziderikus keringési idejük is volna. De minthogy mi folyvást kelet felé mozgunk, a minek folytán a Napnak is látszólag ugyanily irányú mozgása van, egy második keringési időt is kell számításba venni, a synodikust, melyen a Nappal való két egymásután következő együttállás időközét

<sup>1</sup> A kis bolygók mellé zárjelben irt szám a felfedezés sorszám.

értjük. Ha felső bolygóról van szó, az egymásra következő szembenállások között eltelő idők középátlója szintén a synodikus keringési időt adja. A következő táblázatból leolvasható az

egyes bolygók synodikus keringési ideje.

Belső bolygók	Külső bolygók
Merkur . . . . . 116 nap	Jupiter . . . . . 399 nap
Vénus . . . . . 584 „	Saturnus . . . . . 378 „
Mars . . . . . 780 „	Uranus . . . . . 370 „
	Neptunus . . . . . 368 „

Vénus és Mars synodikus keringési idejének kivételes hosszú tartama annak a ténynek következménye, hogy a bolygók átlagos napi mozgása a Földét jobban megközelíti, mint bármely más bolygón tapasztalhatjuk.

**Sziderikus keringési idő.** — Minthogy Földünk mozgásban levő észlelő állomás, lehetetlen a bolygók sziderikus keringési idejét közvetlen megfigyelés útján meghatározni. De a synodikus meghatározhatjuk ily módon, ebből pedig a sziderikus kiszámítható, ha a Föld (vagy a Nap látszó) mozgását ismerjük. Itt következik a

sziderikus keringési idők vagy évhosszak táblája.

Belső bolygók	Külső bolygók
Merkur . . . . . 88 nap	Jupiter . . . . . $11\frac{7}{8}$ év
Vénus . . . . . 225 „	Saturnus . . . . . $29\frac{1}{2}$ „
Föld . . . . . $365\frac{1}{4}$ „	Uranus . . . . . 84 „
Mars . . . . . 687 „	Neptunus . . . . . 165 „

Az apró bolygók keringési ideje  $1\frac{3}{4}$  és  $8\frac{3}{4}$  év között változik.

**Kepler törvényei.** — KEPLER, noha a bolygómozgás teljes magyarázata mély titok volt, 1619-ben mégis felfedezte a bolygók mozgását szabályozó három törvényt: (I.) Minden bolygópálya ellipszis, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll. (II.) A vezér-

sugár, azaz a Nap és bolygó középpontját összekötő egyenes (radius vector) egyenlő időkben egyenlő területeket sűrol. (III.) A bolygók keringési ideinek négyzetei úgy aránylanak, mint a Naptól való középtávolságaik köbei. KEPLER e törvényeknek fizikai okát nem tudta megadni és csak annyit bizonyított be, hogy az összes bolygók az említett törvények értelmében mozognak.

**Kepler harmadik törvényének beigazolása.** — Félórai számolás elég, hogy e törvény igaz voltát bebizonyítsuk. Az eredményeket a következő táblázat utolsó hasábjába tartalmazza, a melynek minden számát akkép kaptuk, hogy az illető bolygó keringési idejének négyzetét a Naptól való középtávolságának köbével elosztottuk.

#### Kepler harmadik törvényének beigazolása.

A bolygó neve	Keringési idők (napokban)	Középtávolságok (ha a Föld távolsága = 1)	$\frac{[\text{Idő}]^2}{[\text{Távolság}]^3}$
Merkur	87·97	0·3871	133,414
Vénus	224·70	0·7233	133,430
Föld	365·26	1·0000	133,415
Mars	686·95	1·5237	133,400
Ceres	1681·41	2·7673	133,408
Jupiter	4332·58	5·2028	133,272
Saturnus	10759·22	9·5388	133,400
Uranus	30688·82	19·1833	133,410
Neptunus	60181·11	30·0551	133,403

KEPLER harmadik törvénye, melyet gyakran „harmonikus törvény“-nek is neveznek, csak azon feltevással egészen szigorú, hogy a bolygók anyagi pontok, vagyis hogy tömegök a Naphoz képest elenyészően csekély. Épen azért az utolsó hasábjában meglehetősen nagy eltérések mutatkoznak, különösen Jupiternél, mely majd  $\frac{1}{1000}$  része a Nap tömegének.

**A bolygók középtávolságai.** — KEPLER harmadik törvénye segítségével kiszámíthatjuk valamely bolygónak a Naptól való középtávolságát, ha ismerjük keringési idejét. E végett, egységül véve a Föld keringési idejét (az esztendő) és a Naptól való távolságát, csak négyzetre kell emelnünk a bolygó kerin-

gési idejét és e négyzetből köbgyököt vonnunk. A gyök a bolygónak a Naptól való középtávolsága. Így pl. Uranus keringési ideje 84 év,  $84^2 = 7056$  és  $\sqrt[3]{7056} = 19.18$ . Szóval kifejezve: Uranus 19.18-szor van távolabb a Naptól, mint a mi Földünk. Kilométerekben kifejezett távolsága tehát  $19.8 \times 149.5$  millió. Hasonló módon határozható meg a többi bolygónak a Naptól való távolsága, mely itt következik:

A Naptól számított középtávolságok.

Belső bolygók		Nagyobb bolygók	
Merkur . . . . .	58	Jupiter . . . . .	773
Vénus . . . . .	108	Saturnus . . . . .	1418
Föld . . . . .	149	Uranus . . . . .	2851
Mars . . . . .	226	Neptunus . . . . .	4467

millió  
kilométer

millió  
kilométer

Mind e távolságok kellő arányban vannak rajzolva a 364. lapon. Körülbelül 450 millió kilométer szélességű övben, mely a Mars és Jupiter között elterülő távolságnak  $\frac{5}{8}$  része, szétosztottan található a valószínűleg ezrekre menő apró bolygók vagy Aszteroidok gyűrűje, melyből közel 500 tagot már ismerünk.

**A legközelebbi és a legtávolabbi bolygó.** — Gyakran halljuk, hogy Mars a hozzánk legközelebb levő bolygó, mert pályájának akkora a külpontossága, hogy kedvező szembenállása alkalmával, mint e fejezet folyamán még látni fogjuk, 55 millió kilométernyire közeledhetik a Földhöz. De Vénus még közelebb jöhet. Ha Vénusnak a Naptól való távolságát a Földéből kivonjuk, a különbség, vagyis 42 millió kilométer, az az átlagos távolság, mely Vénust a Földtől alsó együttálláskor elválasztja; de Vénus még ennél is közelebb jöhet 3 millió kilométerrel, ha az együttállás a Föld napközelsége körül decemberre vagy januárra esik. Azonban valamennyi bolygó közül egy 1898-ban felfedezett aszteroida áll legközelebb hozzánk. Pályájának körülbelül fele része közelebb van a Naphoz, mint a Mars-pálya közelebbik fele és harmincz évenként egyszer közel egy időre esik napközelsége és szembenállása.

Ekkor a Földtől csak 22 millió kilométerre van. E bolygó ideiglenes elnevezése DQ.<sup>1</sup> Az ismert bolygók között legtávolabb van a Földtől: Neptunus. Oly messzire van tőlünk, hogy Vénus legkisebb távolságának több, mint százszorosát kell vennünk, ha Neptunusnak a Földtől való távolságát akarjuk meghatározni.

**Aberrációs idő.** — Kísérleti meghatározás útján ismerve a fény sebességét, ismerve továbbá a bolygónak a Földtől való távolságait, könnyű kiszámítani, mennyi idő kell, hogy a fény valamely bolygótól hozzánk jusson. Neptunus távolsága például oly nagy, hogy  $4\frac{1}{4}$  óra telik el, míg a fénysugár onnan a Földre érkezik. Ezt az időmennyiséget aberrációs időnek vagy fényegyenletnek nevezzük. Másodpercekben kifejezett értékét bármely bolygóra vonatkozólag megkapjuk, ha 499-et a bolygónak a Földtől való (csillagászati egységekben kifejezett) távolságával szorozzuk.

**Newton tömegvonzási törvénye.** — SIR ISAAC NEWTON 1675 körül a bolygók mozgásának három törvényét egyszerűsítve egy törvénybe foglalta, mely azóta a *Newton-féle vonzási törvény* néven ismeretes. Két része van; első része szerint a világegyetem minden anyagrészecskéje minden más anyagrészecskét oly mértékben vonz, a mely a tömegekkel vagy az anyagmennyiséggel arányos; a törvény második része értelmében a vonzás nagysága a két pont között levő távolság négyzetével fordított arányban van. Hogy NEWTON-nak ez egyszerű törvénye KEPLER-nek mindhárom törvényét magában foglalja, matematikailag kimutatható. Nem tekintve néhány csekély kivételt, a naprendszer valamennyi testének, a bolygók- és holdaknak, üstökösöknek és meteoroknak mozgása teljes összhangban van NEWTON törvényével, melyet gyakran az egyetemes tömegvonzás törvényének is neveznek, minthogy minden valószínűség szerint még az álló csillagok terében is ép oly érvényes, mint a naprendszeren belül.

**A bolygópályák elemei.** — Az égi test mozgását meghatározó matematikai mennyiségeket pályaelemeinek nevezzük. Számszerint hat ilyen elem van. Ezek határozzák meg a pálya

<sup>1</sup> Ezóta már véglegesen Eros nevét kapta.

nagyságát, alakját és az éggömb köreihez és pontjaihoz való fekvését.

1.  $a$  középtávolság vagy fél nagy tengelye annak az ellipszisnek, melyben a bolygó a Nap körül mozog.

2.  $e$  külpontosság (excentricitás) vagy az ellipszis közép-pontja és gyújtópontja között való távolságnak viszonya a középtávolsághoz.

3.  $\Omega$  a felszálló csomó hossza, vagy a legnagyobb kör íve  $e$  csomó és a tavaszpont között.

4.  $i$  a pálya síkjának hajlásszöge az ekliptikához.

5.  $\pi$  a napközeli (perihelium) hosszúsága vagy az ellipszis-tengely (apsisvonal) hajlása a tavaszi napéjegyenlőség irányához.

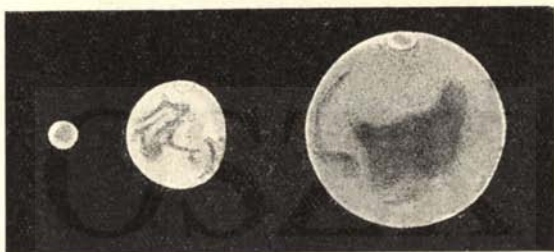
6.  $\varepsilon$  a bolygónak hosszúsága valamely meghatározott pillanatban; gyakran használt műkifejezése *epocha*.

Mihelyt pontosan ismerjük valamely pálya elemeit, előre jósolhatjuk a bolygó mozgását és kiszámíthatjuk helyzetét bármely elmúlt vagy jövőendő időpontra, nem tekintve természetesen a külön számolandó időközi háborgásokat.

**Az elemek évszázados változásai.** — Körülbelül száz év előtt Franciaország két kitünő elméleti csillagásza: LAGRANGE és LAPLACE arra a fontos felfedezésre jutott, hogy a tömegvonzás kölcsönös hatása a bolygók között pályáiknak nagyságán sohasem változtathat semmit; más szóval az  $a$  elem vagy középtávolság mindig ugyanakkora marad. A többi elem pedig, melytől a pálya alakja és a térben való helyzete függ, csak igen hosszú korszakok folyamában igen szűk határok között ingadozhatnak a rendszer fennállásának minden veszélyeztetése nélkül. Az elemeknek lassú és apró ingadozásait *százados változások*-nak (*variatio*) nevezzük; durván úgy szemléltetjük, ha hajlékony és majdnem köralakú abroncsot, melyet kezünkbe fogunk, helylyel-közzel gyengén összenyomunk, kevésbé lengetjük és egyúttal lassan saját síkjában forgatjuk. A százados változások lengésszerű jellege biztosítja a rendszer fenmaradását és állandóságát mindaddig, míg kívülről nem érik zavaró vagy romboló behatások. Ha valaki igazán és teljesen meg akarja érteni e bonyolult viszonyokat, részletes matematikai tanulmányokba kell fognia; ez az egyedüli út a bolygók mozgásainak tökéletes megismeréséhez.

*A bolygók színe. — Albedo. — Bode törvénye. — Viszonylagos távolságok.*

**A bolygó legnagyobbnak látszik, mikor legközelebb van.** — Minél jobban közeledik hozzánk valamely bolygó, annál nagyobb szög alatt látjuk korongját távesövünkben. A Földhöz legközelebb álló két bolygó, a mi pályánkon belül Vénus és az e pályán túl levő Mars látszólagos átmérői a legnagyobb változásoknak vannak alávetve, mert mindkettőn a lehető legnagyobb távolság a legkisebbet sokszorososan felülhaladja. Mars, midőn legközelebb jő a Földhöz, 55 millió kilométernyire van tőle, de legnagyobb távolsága hétszer akkorára nőhet. Milyen



231. ábra.

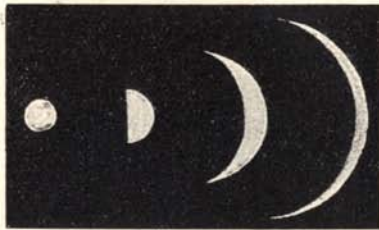
Mars látszólagos nagyságának változása.

hatással van a távolságok változása a bolygó látszólagos nagyságára, rajzunkban szemléltetjük. Változás tekintetében Mars után mindjárt Vénus következik, melynek átmérője felső együttálláskor hatszor kisebbnek látszik, mint alsó együttálláskor. (L. a 232. ábrát.)

Vénusra vonatkozó rajzaink nemcsak e bolygó átmérőjének feltűnő változásait szemléltetik, midőn hozzánk közeledik, hanem fényalakjait is. Harmadik helyre Merkúr teendő, melynek látszólagos átmérői a legnagyobb és legkisebb távolságban körülbelül úgy aránylanak egymáshoz, mint egy a háromhoz. (L. a 348. lap rajzát.) Merkúr után Jupiter említendő, melynek változásait rajzunk pontosan ábrázolja. Saturnus, Uranus és Neptunus is föltűntet ilyen természetű változásokat, de igen nagy távolságuk miatt sokkal csekélyebb mértékben. Mialatt

Saturnus az együttállásból a szembenállásba megy át, átmérője csak körülbelül egy harmadrészzsel növekedik, Uranus és Neptunus hasonlónemű növekedése pedig oly csekély, hogy csak mikrométer segítségével mérhető.

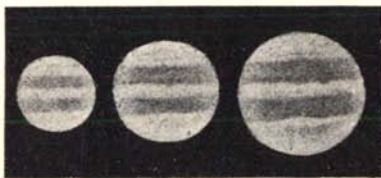
**A bolygók fényessége és színe.** — Valamennyi bolygó fényessége megváltozik a Naptól és a Földtől való távolsá-



232. ábra.

Vénus látszólagos nagyságának változása.

gukkal együtt. Öt bolygó átlagos fényessége az elsőrendű csillagokét is meghaladja. Az öt közül is Vénus messze felülmulja a többi, utána Jupiter következik, majd sorban Mars, Merkúr és Saturnus. Uranus körülbelül oly fényességű,



233. ábra.

Jupiter látszólagos nagyságának változása.

mint a hatodrendű csillagok. Ugyanezen határhoz közeledik néhány apró bolygó a szembenállás idejében. Neptunus már oly óriási távolban van mind a Naptól, mind a Földtől, hogy csak gyenge nyolczadrendű csillagnak látszik és legalább kis távcsövet kell használnunk, hogy láthassuk. A bolygók színe a következők:

Merkur, halvány hamuszín-szürke ;  
 Vénus, fényes szalmaszín-sárga ;  
 Mars, vöröses okker ;  
 Jupiter, fényes ezüstszín-fehér ;  
 Saturnus, bágyadt sárga ;  
 Uranus, halványzöld ;  
 Neptunus, ugyanilyen.

Még nem tudjuk teljesen, mit jelentenek e színek, de nyilván jellemzők az egyes bolygókat környező légkörök sűrűségére és összetételére.

**A bolygók albedó-ja.** — A fehérség (albedó) műszón értjük azt a képességet, melylyel valamely felület, például bolygó felülete, a fényt visszaveri. Tulajdonképp viszonyszám, a visszavert és a felületre eső fény mennyiségek hányadosa. Fotométerrel vizsgálva a bolygó fényét, összehasonlíthatjuk valamely csillag vagy más bolygó fényével és ennek alapján az albedót kiszámíthatjuk. A Hold felülete a ráeső napfénynek körülbelül  $\frac{1}{6}$  részét veri vissza. Merkur fehérsége még kisebb, csak  $\frac{1}{8}$ ; de Vénus visszaverő képessége tetemes, albedója  $\frac{1}{2}$ . Marson ez utóbbi szám körülbelül  $\frac{1}{4}$ , Saturnus és Neptunus Vénussal áll egy sorban; valamennyi bolygó közül legnagyobb Jupiter és Uranus albedója, majdnem  $\frac{2}{3}$ . Ez annyit jelent, hogy e bolygók felülete körülbelül négyszer több fényt ver vissza, mint a homokkő.

**Az úgynevezett Bode-féle törvény.** — TITUS a bolygóknak a Naptól való viszonylagos távolságait megközelítőleg kifejező szabályt fedezett fel. Levezetése a következő: Írjuk le hármon kezdve a számok oly sorát, melyek mindegyike a megelőzőnek kétszerese, de az első helyen 0 legyen.

0      3      6      12      24      48      96

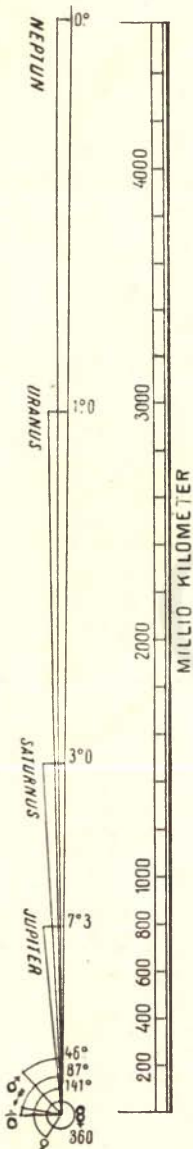
Négyet minden számhoz hozzáadunk. Lesz

4      7      10      16      28      52      100.

A mennyire TITUS idejében (1766) tudták, a bolygók tényleges naptávolságai (a Földét 10-nek véve) a következők:

3·9      7·2      10      15·2      —      52      95·4

♀      ♀      ♂      ♂      (apró bolygók)      ♃      ♄



234. ábra.

A bolygók viszonylagos mozgása és pályafutása.

Noha e törvény korántsem pontos, BODE jeles német csillagász közzétette, miért is mindig Bode-féle törvény néven szerepel. Ez idő szerint csak történelmi érdeke van. Ha a szélső bolygókra, Uranusra és Neptunusra is kiterjesztjük, még nagyobb hiba áll elő, mintha Saturnusra alkalmazzuk. De a mennyiben e törvény a Mars és Jupiter között mutatkozó hézagra utalt, a hiánynak vélt bolygó távcsövi kutatására ösztönözte a csillagászokat. Fáradozásukat csakhamar megjutalmazta az első négy apró bolygó felfedezése. Ezek: (1) Ceres, (2) Pallas, (3) Juno és (4) Vesta.

### Viszonylagos távolságok és sebességek. —

Mihelyt ismerjük a bolygók távolságát, távcsövel lemérhetjük korongjuk átmérőjét, és ezen alapon kiszámíthatjuk igazi méreteiket. Viszonylagos távolságukat, nagyságukat és mozgásukat hiába próbálnók jobban szemléltetni, mint SIR JOHN HERSCHEL tette a következő szavakkal: „Válasszunk bárminő sík mezőt vagy pázsitot. Közepére tegyünk egy két láb (6 dm.) átmérőjű golyót; ez legyen a Nap; Merkurt mustármag helyettesítheti, mely 164 láb (50 m.) átmérőjű körpályán mozog; Vénus borsószem 284 láb (94 m.) átmérőjű körön; a Föld is borsószem, megfelelő köre 430 láb (130 m.) átmérőjű; Mars nagyobb gombostű feje, körének átmérője 654 láb (197 m.); az Aszteroidok homokszemek 1000—1200 láb (275—422 m.) átmérőjű körökön; Jupiter közép nagyságú narancs körülbelül fél mérföldnyi (670 m.) szélességű pályán; Saturnus kicsiny narancs, körének átmérője  $\frac{4}{5}$  mf. (1230 m.); Uranus igen nagy cseresznye vagy kicsiny szilva, több mint  $1\frac{1}{2}$  mf. (2473 m.) átmérőjű kör területén; végre Neptun jókora szilva, körülbelül  $2\frac{1}{2}$  mf. (3875 m.) átmérőjű körrel . . . A bolygók mozgásának utánzása végett szükséges, hogy az említett pályákon haladva

Merkur 41 másodperc, Vénus 4 p. 14 mp., a Föld 7 p., Mars 4 p. 48 mp., Jupiter 2 ó. 56 p., Saturnus 3 ó. 13 p., Uranus 2 ó. 16 p., Neptunus 3 ó. 30 p. alatt a maga átmérőjével egyenlő utat hagyjon hátra“. A bolygók viszonylagos mozgásának megértését előmozdíthatja rajzunk is, a hol Merkurnak a Nap körül leirt útja az egység. Mialatt az 360 foknyi utat tesz, tehát 88 nap alatt, a többi bolygó az ábránkon mindegyiknek neve és naptávolsága mellé lerajzolt ívet járja be. Ebből már eléggé kitűnik, mennyire csökken a bolygók keringési sebessége, minél inkább távoznak a Naptól. Ha Neptunus sebességét összehasonlítjuk a kitartó futóéval: Merkur a modern lokomotiv gyorsaságával száguldoz a Nap körül.

Neptunus  
(1 holddal)

Uranus  
(4 holddal)

Saturnus  
(9 holddal)

Jupiter  
(5 holddal)

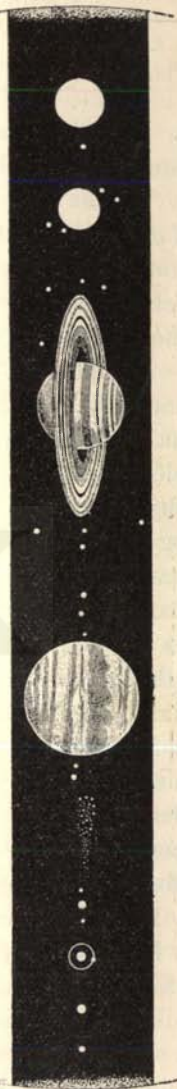
Apró  
bolygók

Mars  
(2 holddal)

Föld  
(1 holddal)

Vénus

Merkur



*Nagyság. — Tömeg. — Tengelyforgás. — Kialakulás.*

**A bolygók nagysága.** — Elválasztó vonalnak tekintve a naprendszerben az apró bolygók csoportját, e vonalon belül, mint már mondtuk, valamennyi bolygó aránylag kicsiny és azon túl mindegyik nagy. Jól szemlélteti ezt rajzunk, mely nemcsak a bolygók viszonylagos nagyságát, hanem átmérőiknek a Nap átmérőjéhez való viszonyát is ábrázolja. A közép-átmérők ime itt következnek :

235. ábra.

A bolygók viszonyos nagysága ; a Nap átmérője ugyanazon léptékben a metszet hosszával egyenlő.

Belső kisebb bolygók	{	Merkur . . . 4,800 km.	{	Külső nagyobb bolygók	Jupiter . . . 141,000 km.
		Vénus . . . 12,100 "			Saturnus . . . 118,800 "
		Föld . . . 12,756 "			Uranus . . . 50,000 "
		Mars . . . 6.770 "			Neptunus . . . 62,200 "

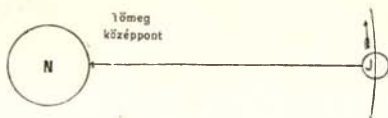
Az apró bolygók csoportjában a legnagyobbnak, *Ceres*-nek átmérője 779 kilométer.

Más apró bolygók, melyek átmérőjét BARNARD mérte meg: *Pallas* (489 km.), *Juno* (190 km. és *Vesta* (391 km.). A többi közül hihetőleg egy sem mérkőzhetik *Juno*-val és az újabban felfedezett igen gyöngye fényűek átlag alig 30 kilométer átmérőjük lehetnek.

**A bolygók tömege és sűrűsége.** — Pusztaszámok felsorolásánál sokkal jobb fogalmat ad az összehasonlítás, a mely, ha közkézen forgó pénzdarabok súlyára támaszkodunk, még eléggé pontos is. Ha a Föld tömegét egy kétfilléresrel azonosítjuk, akkor Merkur és Mars együttvéve még mindig csak egy egyfilléres harmadával egyenlő. Vénus elég közel jár a tízfilléreshez, de már Uranus két darab ötkoronással és egy tízfilléresrel hasonlítandó össze. Neptunus tömegét két ötkoronás és két darab húszfilléres méri. Saturnus már csak 13 darab ötkoronásból és egy kétfilléresből, és Jupiter épenséggel egy darab egyfilléres híján 44 darab ötkoronásból kerül ki. Már a Nap tömegét, a mely közel 750-szer akkora, mint valamennyi bolygó és mellék-bolygó tömege együttvéve, nem mindenki szemlélheti e méreteken sem, mert erre 46,000 ötkoronás, kerek számban egy negyedmillió korona kellene ezüstben. Fel-tűnő ellentétben a Nap óriási terjedelmű és súlyú gömbjével a kicsiny Aszteroidok oly könnyűek, hogy 300-nak tömege együtt a Föld tömegének csak  $\frac{1}{3000}$  része. Ha a bolygók sűrűségét számítjuk, a bolygó tömegét térfogatával elosztván, úgy találjuk, hogy Merkur a legsűrűbb ( $\frac{1}{3}$ -del sűrűbb a Földnél). Utána a sűrűség sorrendjében Vénus, a Föld és Mars következik; az utóbbi  $\frac{1}{4}$ -del kevésbé sűrű, mint Földünk. A legnagyobb bolygók közül háromnak körülbelül akkora a sűrűsége, mint a Napé, mely a Föld sűrűségének  $\frac{1}{4}$  része. Saturnus közepsűrűsége a legeslegkisebb, nyolczszor kisebb, mint a földgömbé.

**A Nap és Jupiter közös tömegközéppontja.** — Habár a Nap tömege egész bolygókisérétének egyesített tömegét is

sokszorososan meghaladja, mégis engedni kénytelen a Napnál 1047-szer kisebb tömegű bolygóóriás hatalmas vonzásának, mely érezhető mértékben kitéríti ama helyből, melyet különben elfoglalna. Mennyire mozdul ki a Nap, könnyű kiszámolni, mert a Nap és Jupiter közös tömegközéppontja körül ép úgy kering, mintha a két roppant  $N$  és  $J$  gömböt merev aczélrúd kapcsolná össze. De minthogy  $N$  1047-szer nagyobb tömegű mint  $J$ , a két test rendszerének tömegközéppontja távolságuknak  $\frac{1}{1048}$  részében van. Minthogy pedig Jupiter napközeliében e távolság 740 millió kilométer, a közös tömegközéppont 706,000 kilométernyire tolódik Jupiter felé. De a



236. ábra.

Jupiter egyensúlyozza a Napot.

Nap sugara 696,000 kilométer; ezért a Nap és Jupiter rendszerének tömegközéppontja mindig legalább 10,000 kilométernyire van a Nap felszínén kívül; és ez a távolság még nagyobbodik, midőn Jupiter a naptávola felé halad.

**A bolygók tengelyforgása.** — A most említett bolygóóriás leggyorsabban forog tengelye körül, mert az egyenlítőjét környező világos övnek forgásideje csak 9 ó.  $50\frac{1}{3}$  p. De egyéb övei, miként a Napnál is tapasztaltuk, különböző szélességeik szerint más és más forgási időket tüntetnek fel, melyeknek középértéke 9 ó.  $55\frac{1}{2}$  p. A nagy vörös folt körülforgása átlag 9 ó. 55 p. 39 mp. időt kíván. Saturnuson hasonló eltérések mutatkoznak, de egyenlítői övének fehér foltjai 1893-ban 10 ó. 12 p. 53 mp. tartalmú tengelyforgást adtak. Némely jel arra mutat, hogy Uranus tengelyforgása ugyanannyi ideig tart, de Neptunusé teljesen ismeretlen. Hosszabb idő kell a mi Földünknek, melynek napja 23 ó. 56 p. 4.09 mp. Mindjárt ezután Mars következik, hol a nap 24 ó. 37 p. 22.7 mp. Ez a szám oly állandó, melyet nagyon pontosan ismerünk, mert meghatározása a felület változatlan helyzetű, jól felismerhető foltjainak megfigyelése útján történt, sok ezer körülforgás tekintetbevételével. Nagy hézag után következik Merkur és Vénus; mindkettőnek egy és ugyanazon idő kell a tengelyforgásra és a

Nap körül való keringésre. Ezért az előbbi tengelyforgási (siderikus) ideje 88 nap, a másodiké 225 nap, a leghosszabb ismert bolygó-nap az egész naprendszerben.<sup>1</sup> A napórai napja e szerint végtelen hosszú tartamú lenne, éve pedig akkora, mint a csillagnapja. Kétségtelen, hogy a forgás és keringés ez egyenlőségét Merkuron és Vénuson egyaránt a bolygó élettörténetének valamely korai szakában súrlódás okozta, melyet a még folyós tömegben a Nap által támasztott hatalmas tengerjárás kísért.

**A bolygók lapultsága és tengelyhajlása.** Több bolygó korongja nem pontosan köralakú, hanem sarkain némileg lapult. Ez a bolygó tengelyforgásának következménye, a mennyiben a középpontfutó erő az egyenlítő táján kidudorodást idéz elő. Jupiter és Saturnus lapultsága oly feltűnő, hogy távcsővel észlelve, azonnal figyelmet kelt. Saturnus gömbjének sarki lapultsága  $\frac{1}{9}$  (260. ábra), Uranusé  $\frac{1}{12}$ , Jupiteré  $\frac{1}{16}$  (255. ábra), minthogy e bolygók kivételesen nagyok és tengelyforgások aránylag gyors. Utánuk mindjárt Mars következik, melynek sarki lapultsága  $\frac{1}{190}$ , míg a Földé  $\frac{1}{300}$ . A többi bolygó, a mellék-bolygók és a Nap gömbje oly csekély mértékben lapult, hogy le sem mérhető. A bolygó egyenlítőjének hajlása pályájának síkjához kiválóan nagy az Uranuson és valószínűleg a Neptunuson, középértékű ( $25^\circ$  körül) a Földön, Marson és Saturnuson, és nagyon csekély a többi három nagy bolygón.

**A bolygók libegése.** — A bolygóknak épen úgy van többféle libegésök (libratio), mint a Holdnak. De a bolygókon csak a hosszúsági libegést kell tekintetbe vennünk, melynek okozója az a körülmény, hogy a tengelyforgás tökéletesen egyenletes, ellenben a keringési sebesség a napközel körül az átlagos értéknél nagyobb, a naptávol körül kisebb. A hosszúsági libegés nagysága tehát a pálya külpontosságának nagyságától függ és számításba veendő, ha a bolygó napjának valódi tartamát keressük.

<sup>1</sup> Vénusra vonatkozólag újabb spektroszkópi megfigyelések ismét valószínűbbé teszik, hogy tengelyforgása tartama nem tetemesen hosszabb, miut a földi nap.

Merkur libegése a legnagyobb. Naponkinti forgási szöge átlag mintegy  $4^{\circ}$ ; de a napközel táján e szög 6 fokra nő, a naptávol körül pedig alig  $3^{\circ}$ . A libegés eredménye tehát a korongnak észrevehető lengése, felváltva kelet és nyugot felé. A napközelből kiindulva a pályakeringés szöge naponta mintegy két fokkal meghaladja a tengelyforgás állandó szögét. E gyorsulás azonban lassankint fogy, és a napközelség után három héttel elenyészik. Ekkor Merkur libegése legnagyobb,  $23\frac{1}{2}$  fok a korong középpontjára vonatkoztatva. Pályájának szembenfekvő részében a bolygó gömbje ép annyival fordul ellenkező irányban, úgy hogy a libegés teljes értéke  $47^{\circ}$ . Felszínének  $\frac{3}{8}$  része soha nem lát napvilágot,  $\frac{3}{8}$  részén állandó nappal van és csak  $\frac{1}{4}$  részén váltakozik napfénynyel az alkonyat. Hasonlóképen libeg látszólag Mars korongjának középpontja, bár az ingás a pálya kisebb külpontosságánál fogva nem oly tetemes, mint Merkuron. Azonban az éjjel és nappal felszínének minden pontján váltakozik, mert Mars tengelyforgása és keringése egymástól lényegesen különböző. Még csekélyebb Jupiter és Saturnus libegése, minthogy pályájuk külpontossága csak fél akkora, mint Marsé.

**A tengerjárás mint világalakító tényező.** — Tengerjárási kialakuláson azt a sajátos szerepet értjük, mely a világok fokozatos fejlődésében az ár-apályt illeti. *Tengerjárás* azonban itt nem vonatkozik megszokott korlátolt értelmében a tenger vizére, hanem arról az időszakos emelkedő mozgásról van szó, melyet valamely korai fejlődési állapotban levő világnak még idomítható anyagában valamely külső tömeg vonzása szül. NEWTON tömegvonzási törvénye teljesen megmagyarázza a tenger vizének emelkedését és apadását, de a bolygók mozgására alkalmazva mindig abból a feltevésből indul ki, hogy e testek merevek. DARWIN GYÖRGY 1877-ben gondosan kidolgozott matematikai értekezésorozatban azt a hatást tanulmányozta, melyet e tömegeken történetöknök korábbi korszakaiban a vonzás okozott, mikor a ködelmélet felfogása szerint még nem voltak merevek, hanem a behatásnak engedő anyagból álltak. A tengerjárás a Föld tengelyforgási erélyét fokozatos, habár majdnem számításba vehetetlen csekély mértékben fogyasztja. Hasonló módon a még fiatal

Hold anyagában a Föld által előidézett ár-apály gátlólag hatott a tengely körül való forgásra, míg végre ez a hatás betetőződött azzal, hogy a Hold a Földhöz képest egyáltalában nem fordul meg többé tengelye körül.<sup>1</sup> Kétségtelenül mutatkozott a tengerjárás surlódásnak e hatása oly ár-apályszerű mozgásokon is, melyeket a Nap a bolygókon okozott; annál erősebb volt e hatás, minél közelebb van a bolygó a Naphoz, annál gyöngébb, minél nagyobb a bolygó tömege, és minél korábban megmerevedett a bolygót alkotó anyag a bolygónak aránylag csekély méretei következtében. Az említett körülmények egybevetésével valamennyi bolygó jelenlegi tengelyforgási ideje megmagyarázható: Merkúra és Vénusra erősen hatott a Nap, azért most már mindörökre a középponti test felé fordítják ugyanazon arcukat; a Föld, valószínűleg Mars is, oly állapotban van, hogy a napjok hossza még most is folyton nő, bár igen csekély mértékben; Jupiter és Saturnus, hihetőleg Uranus és Neptunus is, még most is gyors tengelyforgású 1. a nagy tömeg, 2. a középponti égi testtől való nagy távolságok következtében.

*A bolygók átvonulásai. — Holdjaik. — Légkörük. — Felszínök.*

**Az alsó bolygók átvonulásai.** — Ha akár Merkúr, akár Vénus alsó együttálláskor a pálya csomójához közel ér, a bolygó kerek fekete folt alakjában a Nap korongján végig halad. Ezt átvonulásnak nevezzük. Századonként körülbelül 13 Merkúr-átvonulás jő létre; legrövidebb időközük  $3\frac{1}{2}$ , a leghosszabb 13 év. A tünemény csak május és november hónapok elejére eshetik, mert akkor van a Föld a Merkurpálya csomóihoz közel, és novemberre körülbelül kétszer annyi átvonulás jut, mint májusra, mert Merkúr épen a novemberi csomó közelében van legközelebb a Naphoz. Vénus-átvonulások párosával következnek be nyolcz évi időközökben; két ily átvonulás időközének közepétől pedig más kettő közepéig váltva  $113\frac{1}{2}$  és  $129\frac{1}{2}$  esztendő telik el. Csupán júniusban és decemberben lehetségesek, és ha egy párja az egyik században júniusra

<sup>1</sup> A Hold a Föld felé mindig ugyanazon oldalát fordítja, az állócsillagokhoz képest azonban forog.

jutott, a következő évszázadban deczemberre fog esni. Mint-hogy mind Merkur, mind Vénus átvonulásakor legközelebb van a Földhöz, a bolygó látszó mozgása nyugoti vagy hátráló. Ezért az átvonulás mindig a Nap keleti oldalán kezdődik. Időtartama változó, és attól függ, hogy a napkorongnak mely részére látjuk vetítve a bolygót, vajjon a középponttól északra, vagy délre, vagy pedig épen a középső részen halad.

**Érintkezések a belépéskor és kilépéskor.** — Állítsuk fel e könyvet dél felé. Rajzunk fehér ívének széle ekkor a Nap keleti szélét képviseli, a hol a bolygó, a hogy csillagászati (megfordító) távcsövön nézzük, a belépéskor, vagyis az átvonulás kezdetén látható. A rajz felső része az úgynevezett *külső érintés* pillanatát mutatja. Tényleges geometriai érintkezés természetesen nem észlelhető, mert a bolygót csakis akkor láthatjuk, ha benyomuló széle a Nap szélén már egy kis csorbát nyitott. A megfigyelő ez utóbbit lehetőleg korán igyekezik észrevenni, és idejét, mint a külső érintés megfigyelésének pillanatát jegyzi fel. Erre azután a bolygó bal felé folytatja útját, míg néhány pillanattal a belső érintkezés előtt az I jelzésű fázisba ér. Most az észlelő feszülten figyeljen a fényes (ábránkban fehér) szarvakra, me-

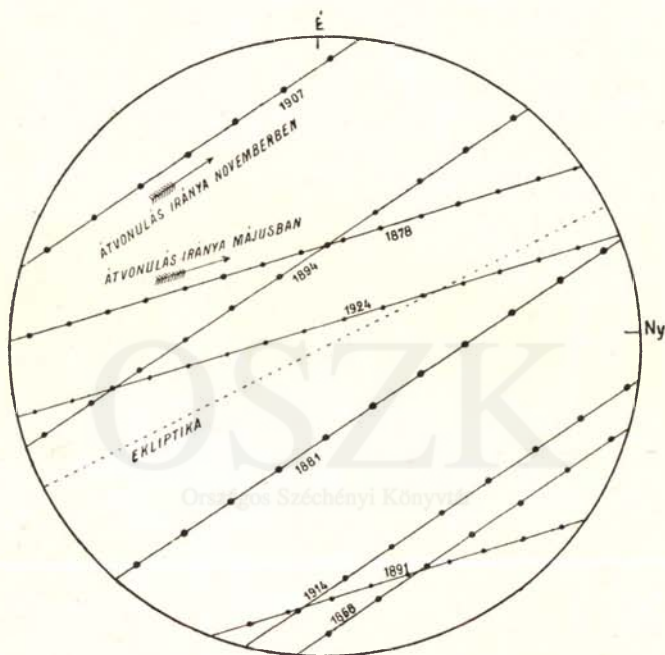


237. ábra.

Érintkezés a belépésnél.

lyek igen gyorsan közelednek egymásfelé; végre hirtelenül átvillan egy keskeny fénysugár és a két szarv zárult. Ez lesz a belső, II-nél látható érintés. Néhány másodperc eltelte után a bolygó már a III. állásban lesz, észrevehetően befelé a Nap szélétől. Ettőlfogva kevés megfigyelni való lesz addig, míg a bolygó át nem vonult a korongon és a kilépés fázisai nem kezdődnek. Ezek szakasztott olyanok lesznek, mint a belépésié, de fordított rendben mennek végbe. Vénusnak légköre (380. lap) bonyolultabbá teszi az érintkezések megfigyelését, és két-három másodpercen belül biztosan nem is észlelhető.

**Merkur-átvonulások a múltban és a jövőben.** — GASSENDI figyelte meg először a *Merkur* átvonulását, 1631-ben. Rajzban bemutatjuk Merkur összes átvonulásainak útját 1868-tól 1924-ig. A kör a Nap korongját ábrázolja; teteje felé van észak, és oldalt, jobb felől nyugot. A pontozott vonal az ekliptikának része. Tekintsük először a novemberi átvonulásokat. Ezek idő-



238. ábra.

Merkur átvonulása a napkorongon fel- és leszálló csomója táján.

pontjai: 1868 november 5; 1881 november 7; 1894 november 10; 1907 november 12; 1914 november 6. Merkur ekkor mindannyiszor a felszálló csomó közelében van és az illető átvonulások irányai ennek megfelelőleg az ekliptikával a mozgás irányában körülbelül 7 fok szöget alkotnak, a mi egyszersmind Merkur pályájának hajlása is e síkhoz. A bolygó helyzete az egyes pályához félóránként ponttal van jelölve. Figyelemreméltó, mily messze esnek e pontok egymástól. Ez onnan ered, hogy Merkur napközelsége közelében van, a midőn

sebesebb mozgása következtében hamarább vonul végig a Napon. Most nézzük a májusi átvonulásokat. Ugyanazon időközben csak hárommal találkozunk; időpontjai: 1878 május 6, 1891 május 9, 1924 május 7. Ez átvonulások, mint már említettük, Merkúr leszálló csomója közelében jönnek létre; az 1924-iki majdnem középponti, minthogy majdnem ugyanazon időben kerül Merkúr a Földdel alsó együttállásba, a mikor csomójához is igen közel ér. A félórának megfelelő pontok jobban összeszorulnak, mint a novemberi átvonulások alkalmával, mert Merkúr közel van naptávolához, miért is mozgása a lehető leglassúbb. A Merkúr-átvonulás leghosszabb ideje 7 ó. 50 p. és az 1924. évi e határértéket meg fogja közelíteni.

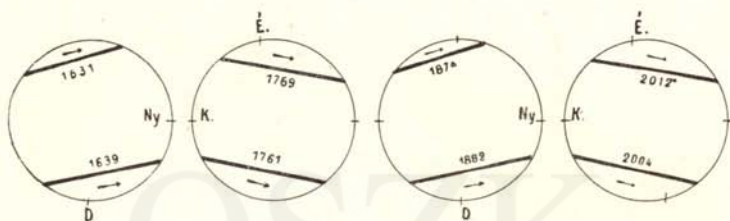
**Vénus-átvonulások a multban és jövőben.** — HORROX JEREMIAS-nak sikerült az első Vénus-átvonulás megfigyelése 1639-ben. Majdnem minden század tanúja az ily átvonulások egy-egy párjának. Rajzukban négy, a Nap korongját ábrázoló kör látható; ezeken be van rajzolva a Vénus pályája, a XVII. századtól bezárólag a XXI. századig végbemenő összes átvonulásai számára. A pontok a bolygónak tizenöt percnyi időközök után való helyeit jelölik. A körök mindegyikén felül van észak, jobbra nyugot. Az átvonulások egyik párjától a másik párig átlag  $1\frac{1}{5}$  század telik el; ezért a XX. században nem lesz Vénus-átvonulás.

#### Vénus-átvonulások időpontjai.

A felszálló csomónál	A leszálló csomónál
1631 december 7	1761 június 5
1639 december 4	1769 június 3
1874 december 9	2004 június 8
1882 december 6	2012 június 6

Mint az ábrából látható, a felszálló csomó közelében beálló két átvonulás után (1631 és 1639) a leszálló csomónál következik megint kettő (1761 és 1769) s így tovább felváltva. Felszálló csomónál való déli átvonulások után (1639 és 1882) a leszálló csomónál is déliek következnek (1761 és 2004); és a leszálló csomónál való északi átvonulás után (1769) megint északi van a felszálló csomónál is. Érintkező

fekete pontok sorozata ábrázolja a napkorongnak minden egyes átvonuláskor bejárt húrját, a mint az a Föld közép-pontjából látható volna. A Vénus-átvonulás lehető leghosszabb tartama 7 ó. 58 p.; a legrövidebbet eddig 1874-ben észlelték. A csillagászok szempontjából a Vénus-átvonulások nagyérdekű tünemények, mert a bolygónak közelsége folytán ilyenkor nagyon észrevehető a parallaxis hatása, melynek megmérése útján a Földtől való távolságot is meghatározhatjuk. Ebből megtudjuk, milyen méretek szerint épült fel a naprendszer, megismerjük tehát a csillagászati mérésekben használt egységet is, a Napnak közepértávolságát a Földtől. Az 1874. és 1882. évi Vénus-



239. ábra.

Vénus átvonulása a napkorongon fel- és leszálló csomója körül.

átvonulásokat a legelőkelőbb nemzetek megbízásából nagy költséggel felszerelt expedíciók észlelték.

### A bolygók holdjai.

**A belső bolygók kisérői.** — A naprendszernek sajátos és érdekes vonása, hogy a főbb bolygók legtöbbjét holdak vagy mellékbolygók kísérik. Eddig huszonkettőt ismerünk, de az alsó bolygók valamelyikéhez tartozó holdat még nem fedeztek fel. *Vénus* gyanított mellékbolygójának számos megfigyelése tévesnek bizonyult. *Földünk*-nek csak *egy* holdja van. *Mars*-nak két holdját *HALL* fedezte fel 1877-ben. A Mars holdjai nem egészen 12 kilométer átmérőjűek és csak igen nagy távcsővel, kedvező körülmények között láthatók. *Phobos*, a *Marshoz* közelebb eső hold, nincs egészen 6000 kilométernyire a bolygó felszínétől; 7 ó. 39 p. alatt járja körül, mely idő a Mars tengelyforgási idejének nem egészen  $\frac{1}{3}$  része. A Mars-lakónak ennél fogva *Phobos* nyugaton kel és keleten

száll le; horizontális parallaxisa pedig óriási,  $21\frac{1}{5}^0$ . *Deimos*, a távolabbi hold, épen 20,000 kilométerre van Mars felszínétől, keringési ideje 30 ó. 18 p. Amennyiben a bolygó napja 24 óráig és 37 perczig tart, *Deimos*nak, ha a parallaxist is számítjuk, körülbelül  $2\frac{1}{2}$  napra van szüksége, hogy Mars egén a horizon egyik szélétől a másikhoz kényelmesen végig vonuljon.

**A nagyobb bolygók holdjai.** — *Jupiter*-nek öt holdja van, az ötödiket és legbelsőt csak 1892-ben fedezte fel BARNARD. A négy nagyobbat GALILEI fedezte fel 1610-ben a legelső csillagászati czélokra használt távcsövével. Minthogy a *Jupiter*-holdak pályái majdnem az ekliptikába esnek, mindig csak oldalról, vagy majdnem így láthatók; midőn tehát a főtestet körüljárják, úgy tetszik, mintha egyszerűen előre-hátra lengénének, valamint a messze lévő kerékpáron, mely felénk tart, vagy tőlünk eltávozik, a pedálok látszólag csak egyszerűen emelkednek és süllyednek. *Saturnus* bővelkedik kísérőkben; nemcsak csodálatraméltó gyűrűi vannak (mikhez fogható nincs a naprendszerben s melyek hihetőleg számtalan kis különálló testből vagy holdacskából állanak, melyek mindegyike sokkal kisebb, semhogy valaha magában láthatnók), hanem ezenkívül még kilencz külön holdja is ismeretes. *Uranus* holdjainak száma 4 és a nagytávolságú *Neptunus*-t 1 hold kíséri. Minde mellékbolygók pályái majdnem köralakúak; e tekintetben csak a *mi* Hold-unk és a *Hyperion* kivétel.

**Keringési idők, átvonulások, fődések és fogyatkozások.** — Íme a *Jupiter* hold-jaira vonatkozó főbb adatok:

#### Jupiter holdjai.

Sorszám	Átmérő kilométerekben	Jupitertől való távolság	Sziderikus keringési idő	Tömeg Jupiter egységeiben
V	160	180,000	n. ó. p. mp. 0 11 57 22.7	?
I	4070	420,000	1 18 27 33.5	$\frac{1}{60000}$
II	3430	669,000	3 13 13 42.1	$\frac{1}{44000}$
III	5790	1.067,000	7 3 42 33.4	$\frac{1}{11000}$
IV	4830	1.877,000	16 16 32 11.2	$\frac{1}{25000}$

Az ötödik hold oly közel van Jupiterhez, hogy ennek korongja a holdról nézve a horizontól a zenitig érő résznek nagyobbik felét foglalná el az égen. Szem előtt tartva a nap- és holdfogyatkozások keletkezésének feltételeit, mint a 319. lapon magyaráztuk, és tekintve, hogy Jupiter holdjainak pályái az ő saját nap-körűli útjával majdnem egybeesnek, azonnal látjuk, hogy Nap- és Jupiter-holdfogyatkozások minden hold minden egyes keringése alkalmával elmaradhatatlanok. Ekkép évenként majdnem 9000 nap- és holdfogyatkozás látható Jupiter felszínének vagy egyik, vagy másik pontjáról, és csak a IV. hold nincs fogyatkozásnak alávetve a mondott időnek



240. ábra.

Jupiter (átvonuló Hold árnyékával).

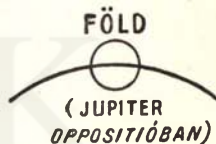
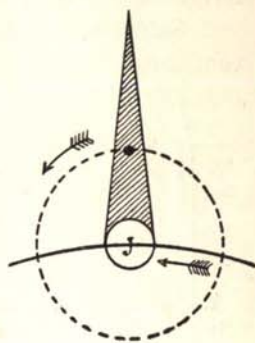
mintegy telerészében. Mikor a Jupiter-holdak valamelyikének sötét árnyékát látjuk a bolygó korongján áthaladni, azt mondjuk, hogy ez árnyék-átvonulás; magának a holdnak a korongra való vetületét hold-átvonulásnak nevezzük. Ha a hold a pálya szembenlevő oldalán a korong mögé vonul, ezt fődésnek mondjuk; ha pedig a bolygó árnyékába lép, ezt fogyatkozásnak nevezzük. A fogyatkozások tartama egynéhány percz és majdnem öt óra közt változik. A fogyatkozások, fődések, átvonulások idejét évekkel előre tudatják a csillagászati évkönyvek és igen érdekes dolog ezeket akár kis távcsővel is megfigyelni. Már egyszerű színházi látésövön is megpillantjuk Jupiter holdjait, ha csak ép akkor nem láthatatlanok átvonulás, fődés, vagy fogyatkozás következtében. Némelykor — bár ritkán — ugyanegy időben mind a négy nagyobb hold eltűnik.

**A fény időben terjed.** — ROEMER volt az első, 1675-ben, ki ezt gyanította, mert úgy találta, hogy Jupiter szemben-

állásakor bolygóinak fogyatkozásai pár perczel hamarább, együttállásakor pedig ugyanannyival később következtek be, mint ez átlag történni szokott. Ennek az oka rajzainkból megérthető; mikor Jupiter együttállásban van, a holdjairól visszaverődő napfénynek a földpálya egész átmérőjével hosszabb utat kell bejárnia, mint szembenállásakor. Mind a négy hold fogyatkozása alkalmával ugyanazon eltérés mutatkozott. Mint ebből nyilván következtethették, a fénynek idő kell, hogy haladjon; most pedig gondosan végzett számítások alapján tudjuk, hogy a holdakról visszaverődő fény 998 másodperc alatt halad végig a földpálya átmérőjén. E szám fele, 499, a *fényegyenlet* állandó tényezője. Pontos meghatározása nagyon lényeges dolog; e végett most igen szabatosan figyelik meg a Jupiter-holdak fogyatkozásait fotométer és fotográfia segítségével.

### Jupiter holdjainak fizikai sajátosságai.

— Az első hold nem gömb, hanem elnyúlt ellipszoid, melynek hosszabb tengelye Jupiter középpontja felé fordul; figyelemreméltó sajátosság, melyet W. H. PICKERING fedezett fel, és DOUGLASS beigazoltnak talált. Határozatlan és gyenge felszíni rajz, minden egyes holdon észrevehető és ennek segítségével a tengelyforgások idejét is meg lehet határozni. A III. hold szélén észrevehető elmosódás annak jele lehet, hogy légköre van. A III. és IV., valószínűleg pedig a II. hold is egy és ugyanazon idő alatt végzi tengelyforgását és keringését Jupiter körül, épen úgy, mint a mi Holdunk. DOUGLASS a III. hold keskeny sávolyainak 1897. évi megfigyeléséből a tengelyforgás idejét 7 nap 5 órának találta. Ugyan-



241. ábra.

A fény időben terjed.

csak ő tette közzé a holdfelületnek a 379. lapon látható térkép-vázlatát. A III. és IV. hold sarkainak közelében több megfigyelő fehér foltokat vett észre. DOUGLASS szerint az I. hold tengelyforgásának ideje 12 ó. 24 p.

**Saturnus holdjai.** — Itt következnek a *Saturnus* holdjaira vonatkozó főbb adatok:

### Saturnus holdjai.

Sorszám	A hold neve	A felfedező neve	A felfedezés ideje	Átmérő km.-ben	Saturnustól való távolság km.-ben	Sziderikus keringési idő
I.	Mimas	W. Herschel	1789 IX. 17	1200	186,000	n. ó. p. mp. 0 22 37 5·7
II.	Enceiadus	W. Herschel	1789 VIII. 28	1280	238,000	1 8 53 6·9
III.	Tethys	J. D. Cassini	1684 III. 21	1700	294,000	1 21 18 25·6
IV.	Dione	J. D. Cassini	1684 III. 21	1900	379,000	2 17 41 9·3
V.	Rhea	J. D. Cassini	1672 XII. 23	2400	526,000	4 12 25 11·6
VI.	Titan	C. Huygens	1655 III. 25	5600	1,222,000	15 22 41 23·2
VII.	Hyperion	W. C. Bond	1848 IX. 16	800	1,480,000	21 6 39 27·0
VIII.	Iapetus	J. D. Cassini	1671 X. 25	3200	3,558,000	79 7 54 17·1
IX.	Phoebe	W. H. Pickering	1899 III. 14	320	12,700,000	16 hónap

Az öt belső hold pályája kör. A legkorábban felfedezett holdakat legkönnyebb látni; a legnagyobb, *Titan* majdnem mindig és igen kis távcsővel is látható. *Titan* tömege STONE szerint a Saturnusénak  $\frac{1}{4500}$  része. Nagy távcsövekkel alkalmaslag némely hold átvonulását és fogyatkozását is megfigyelhették.

**Uranus holdjai.** — Az *Uranus* holdjaira vonatkozó főbb adatok ezek:

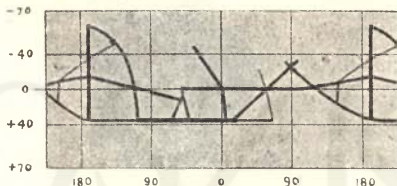
### Uranus holdjai.

Sorszám	A hold neve	Uranustól való távolság	Sziderikus keringési idő			
I.	Ariel	194,000 km.	2 nap	12 ó.	29 p.	21.1 mp.
II.	Umbriel	271,000	4	3	27	37·2
III.	Titánia	444,000	8	16	56	29·5
IV.	Oberon	593,000	13	11	7	6·4

A két belső hold átmérője körülbelül 800 kilométer, a két külsőnek átmérője közel kétszer akkora. A legközelebbi

10—15 évben, a meddig a Föld e holdak pályáira merőleges vonal közelében marad, mindig láthatók lesznek, valahányszor Uranus látható. De csupán nagy távcsövekkel lehet őket megpillantani. Oly pályákban keringenek, melyek Uranus pályájával majdnem derékszöveget alkotnak; mozgásuk iránya pedig retrograd, azaz hátra, vagyis keletről nyugat felé tartó. *Ariel*-t és *Umbriel*-t LASSELL fedezte fel 1851-ben, *Titaniá*-t és *Oberon*-t pedig SIR WILLIAM HERSCHEL 1787-ben.

**Neptunus holdja.** — Ez 454,000 kilométerre van Neptunustól; keringési ideje 5 nap, 21 ó. 3 p.; mozgási iránya retrograd. LASSELL fedezte fel 1846-ban, néhány héttel azután, hogy magát Neptunust is felfedezték. Valószínűleg akkora, mint a mi Holdunk.



242. ábra.

Jupiter harmadik holdjának térképe (Douglass nyomán.).

### *A bolygók légköre.*

**Merkur légköre.** — Alig kétséges, hogy Merkurnak nincs számbavehető légköre. Nappal, a mikor legjobban megfigyelhető, színe a sápadt Hold színéhez hasonlít, tehát ugyanoly állapotúnak kell lennie. Ha nincs levegője, bizonyára vize sincs; mert a víz párolgása legalább csekély légkört szolgáltatna részére, mindaddig, míg folyadék van. Annak valószínűségét, hogy e bolygót légkör köríti, a kinetikus gázelméletből merített és (a 266. lapon) már említett érvek is megerősítik; Merkur tömege sokkal kisebb, semhogy vízpárapurkolatát leköthesse.

**Vénus légköre.** — Vénus alsó együttállásához igen közel végzett megfigyelésekből bebizonyult, hogy e bolygónak van légköre, és fel kell róla tennünk, hogy a mienknél sűrűbb. Rajzunk részben megérteti, hogy mi emeli e véleményét bizony-

sággá: Vénust látjuk, a mint 1882-iki átvonulásakor épen belépett a Nap korongjába; a napfény keresztülhatol a bolygó légkörén és megvilágítja ezt közel teljes gyűrű alakjában, mely a felénk fordult sötét korongot övezi. Hasonlóképen az átvonulás folyamában is fénygyűrű veszi körül a bolygó sötét korongját; több alkalommal pedig, a midőn alsó együttállás-kor Vénus, épen csak kikerülve az átvonulást, szorosán a Nap korongja fölött, vagy ez alatt húzódott el: észrevették, hogy a légkör világos gyűrűjének végei szinte teljesen össze-



243. ábra.

Vénus belép a Nap korongjába 1882-ben (Langley).

értek, majdnem egész kör képződött, holott félkörnél többet alig lehetne látni, ha ott légkör nem volna.

**Mars légköre.** — Kétségtelen, hogy e bolygót vékony légkör köríti, habár ez nem oly terjedelmű, sem oly sűrű, mint a miénk. Rendszerint felhőtlen ugyan, mindazonáltal olykor észre lehetett venni Mars legjobban ismert vidékein, hogy alkalmilag és ideig-óráig mintegy fátyol borult rájuk. Több kutató, gondosan vizsgálódva a spektroszkóppal, elnyelési vonalokat talált a Mars színképében, melyeket sem a Nap, sem a Föld légkörével nem hozhatni kapcsolatba, hanem annak jeléül kell tekinteni, hogy gáznemű burkolatában vízpárák vannak jelen. Továbbá a sarki fehér gömbsüvegek szabályszerűen ismétlődő kisebbedése és ezután újból

való nagyobbodása kitünő bizonyága annak, hogy a vörös bolygót oly közeg veszi körül, mely a hó képződésében és lerakódásában közreműködik. Ezenkívül légkör jelenlétére utal a fényességnek a bolygó fényalakjával együttjáró változása. Másik fontos bizonyosság az, hogy körülbelül 12 fok szélességű szürkületi ívet fedeztek fel, melynek következtében a fázis növekedtével a bolygó látszólagos egyenlítői átmérője is szabályosan nagyobbodik. Egészen bizonyos, hogy a Mars légkörének sűrűsége nem lehet nagyobb, mint a földi légkörnek fele, sőt valószínűleg jóval kisebb. Ismét a kinetikus gázelmélethez folyamodva, úgy találjuk, hogy a Marsra vonatkozólag kiszámított kritikus sebesség másodpercenként legalább is 4800 méter. Ezért szabad hidrogén nem lehet légkörében; de lehetnek ott más gázok. CAMPBELL és KEELER Mars szinképét a Holdéval tényleg egyezőnek találta, mi hihetőleg annak jele, hogy a spektroszkópi módszer ez esetben nem döntheti el a kérdést.

**Jupiter és Saturnus légköre.** — Félreismerhetetlen jelek utalnak arra, hogy Jupitert sűrű és nagyterjedelmű légkör körveszi: felszínén a sávolyok és foltok szünet nélkül változtatják alakjukat; nem egyforma a bolygó napjának tartama különböző szélesség alatt; szinképének kék és ibolya részét elnyelési sávolyok gyengítik; mindenkifölött pedig óriási tömege következtében mintegy fogva tartja az eredetileg hozzátartozott gázokat. Jupiter légköre valószínűleg mind mélység, mind kémiai alkotás tekintetében tetemesen különbözik a miénktől, és épen nem valószínűtlen, hogy ez a nagy bolygó még egész terjedelmében gáznemű állapotban van. Légkörének magasságát legalább is több ezer kilométerre becsülhetjük. A sötét csikok szinképének vörös részében légkörének talán oly anyagától erednek, mely a mi légkörünkől hiányzik és valószínűleg fémtermészetű. Saturnus gömbjét oly légkör veszi körül, mely majdnem minden tekintetben hasonló a Jupiteréhez, de a gyűrűje — az összes jelekből ítélve — légkör nélkül való. Saturnus szinképe is egészen olyan, mint a Jupiteré, de sötétebb elnyelési csikjai kissé határozottabban utalnak oly gáznemű anyagokra, melyeket a Földön és a Napban még nem ismertek fel. Légkör létezésére utal végre mindkét

bolygón egyaránt az, hogy korongjuk szélén minden folt, vagy sávoly elnyelés folytán elmosódik.

**Uranus és Neptunus légköre.** — Oly messze vannak e bolygók és oly kicsinyeknek látjuk korongjukat, hogy légköriekre vonatkozólag eddigelé máskép, mint a spektroszkóp útján semmiféle lényeges értesülést sem szerezhettünk. Uranus elég fényes, úgy, hogy szinképében 10 széles elmosódott csík látható *C* és *F* között, mely erős elnyelésre utal, igen sűrű és — mint KEELER kimutatta — a Földétől nagyon különböző légkörben. E csikoknak elhelyezkedése a vörösben: eleendő magyarázata a bolygó tengerzöld színének. Neptunus színe majdnem ugyanolyan, szinképe pedig, ha nem volna oly gyengefényű, valószínűleg hasonló elnyelési csikokat tüntetne fel.<sup>1</sup>

### *A bolygók felszíne.*

**Állatövi fény.** — Merkur pályáján belül van, de — meglehet — a Föld pályáján túl is kiterjed a bolygók között elhelyezett, és a Nap körül mozgó anyag-részecskéknél messze szétáradó korongszerű tömege, melyről szelid fénynyel verődnek hozzánk a napsugarak; neve *állatövi fény*.

Rajzunk bemutatja e fényjelenséget, mint gyengén világitó és elmosódó határú háromszögletes területet, mely az ekliptika mentében a nyugoti szemhatárig terjeszkedik. Kevéssel szürkület után felhőtlen és holdvilág nélküli estéken januártól ápriliséig látható. Középső része a legfényesebb, és gyengén sárgás színű. Több, mint két évszázad óta a tünetény nem változott semmiben. Szinképe rövid és folytonos, fényes csíkok nélkül, egynéhány fekete vonal jelenléte azonban sejthető. Tropicus szélességek alatt, hol az ekliptika mindig jó magasan áll a szemhatár felett, az állatövi fény a felhőtlen égen az egész éven át jól látható. A mi közepes szélességünkben kora őszkor esténkint azért nem látható, mert az ekliptika a horizonhoz csekély szög alatt hajlik, mint ábránk is jelzi; a *HH* horizon fölött és *a* közelében az állatövi fényből látható rész

<sup>1</sup> A bolygók szinképének tanulmányozásában H. C. Vogelt (Potsdamban) illeti meg az oroszlanrész.

elvész a mélyebben fekvő ködben és párában. A ki őszkor akarja látni, keleten keresse épen hajnal előtt, a mikor a mi szélességünk alatt jobb felé dől.

**A visszafénylés.** — A németek *Gegenschein*-nak nevezik azt az állatövi visszafénylést, melyet BROUSEN fedezett fel 1854-ben. Rendkívül gyenge és egyenletesen szétterülő, köd-

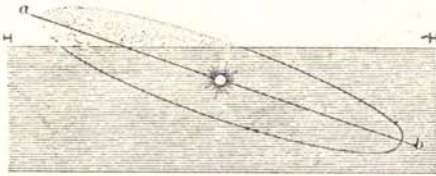


244. ábra

Állatövi fény tropikus szélességek alatt.

szerű fényesség ez, körülbelül szemben a Nappal, mely majd kissé délre, majd meg némileg északra tolódik az ekliptikától. Bármely melléje kerülő fényes csillag, vagy bolygó túlsugározza fényét, sőt a tejút közelsége is gyengíti. A visszafénylés néha kör-, máskor ellipszis-alakú; átmérője — BARNARD és DOUGLASS szerint —  $3^{\circ}$  és  $13^{\circ}$  között változik. Legjobban szeptemberben és októberben látható a Nyilas és Halak csillagképében. Okainak magyarázatára nincs még kielégítő elmé-

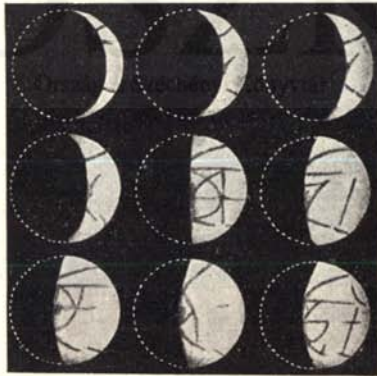
letünk. Igen valószínű, hogy a visszafénylés a bolygók terében lebegő testecskék felhőitől származik, habár az sem lehetetlen, hogy légkörünkben történő rendellenes visszaverődés okozza.



245 ábra

Nálunk állatövi fény kora ősszel nem látható.

**Merkur felszine.** — Merkur oly apró bolygó, és annyira messze van a Földtől, hogy korongját gyakran hiába keressük. Az északi féltekén legkedvezőbbben látható legnagyobb kitérése idejében, még pedig a keletiben tavasszal, a nyu-

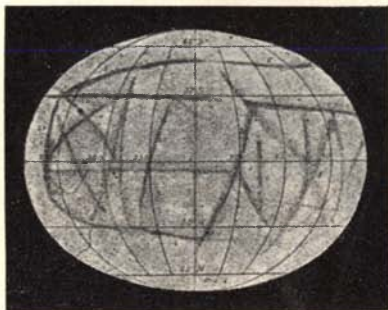


246. ábra.

Merkur felszine 1896-ban (Lowell nyomán).

gotiban ősszel, mert akkor, az állatöv legészakibb részében lévén, a délkörben is legnagyobb magasságra emelkedik. Merkur felszínének rajza LOWELL szerint kevésbé kényes megfigyelési tárgy, mint Vénusé; szintelen és inkább vonalokból, mint foltokból áll. Az a tény, hogy nem változnak meg óráról-óra,

sőt — észrevehetőleg — még napról-napra sem, azt bizonyítja, hogy a bolygó egy és ugyanazon idő alatt végzi tengelyforgását és keringését. Itt közöljük a bolygónak kilencz, 1896 októberében készült rajzát; továbbá LOWELL térképét Merkur



247. ábra.

Merkur látható felszínének térképe (Lowell nyomán).

felszínének egyáltalában látható részéről, a mely az egész felszínének mintegy öt nyolczadára rug. Merkur felszine valószínűleg hegyes-völgyes, mert — miként a Holdon is — a



248. ábra.

Vénus MASCARI rajza nyomán (1892).

felszín egységéről visszaverődő fény mennyisége növekedő fényalak mellett a bolygótól még növekedik.

**Vénus megvilágított félgömbje.** — Vénusnak a Naptól meg nem világított része — úgy látszik — örökre el van rejtve kutató szemünk előtt; de a Nap felé forduló rész rajzát

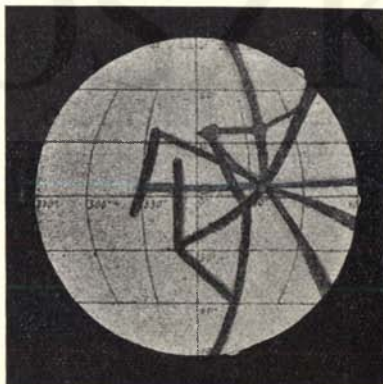
ismételten készítették az utolsó 250 év folyamában. A legújabb időig azonban csak homályos, határozatlan rajzot, vagy nagyobb területeket befedő foltokat láttak rajta. Rajzunkból látható, milyen felszíni alakulást vettek észre rajta a korábbi megfigyelők. A fényhatár gyakran szabálytalanul tördelt volt,



249. ábra.

Vénus Lowell nyomán (1896).

miből nagy magasságú hegyekre következtettek. A régibb rajzokban sarki fehér gömbsüvegek is akadnak. De LOWELL legújabb megfigyelései szerint Vénus korongja szintelen és „egy-



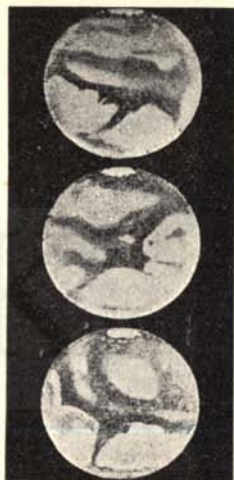
250. ábra.

Vénus látható félgömbjének vázlata (Lowell).

szerűen fehér lapon fekete rajzhoz“ hasonlít, „melyre fényes szalmaszinű fátyol van húzva“. Ez a fátyol kétségtelenül a bolygó légköre. Sarki fehér foltok nem látszottak.

A rajzok, melyeket LOWELL és tőle függetlenül segédei, DOUGLASS, SEE és mások is látrak és lerajzoltak, széles sávolyok, nem foltok. Három különféle rajzot mutatunk be. A sávolyok

többnyire legnagyobb körök a bolygó felszínén és jórészt egyetlen középpontból indulnak ki, mint itt bemutatott térképünkön is látható. Ép oly fénylők, mint a korong többi része általában, és minthogy a környezet ellentéte hiányzik, nehezen észrevehető tárgyak, ha csak olyan megfigyelő nem akad, ki a bolygók apró részleteinek tanulmányozásában különös gyakorlottságot szerzett. A fényhatáron három kis kidudorodást, valószínűleg hegyeket fedeztek fel. Ezen érdekes megfigyeléseket 1896-ban Flagstaff-ban (Arizona), LOWELL csillagvizsgálóján tették. Ama vidék légkörének kedvező állapota és a megfigyelésekben követett kritikai eljárás miatt súlyt helyezhetünk a fent előadott eredményekre, noha más helyeken működő megfigyelők még nem erősítették meg. Kapcsolatban azzal a körülménnyel, hogy a Vénuson a légkör létezése bizonyosra vehető, nagyon jelentős dolog az, hogy a folyvást a Nap felé forduló féltekének képe állandó. Légköri áramlások valószínűleg minden vizet és nedvességet fokozatosan eltávolítanak a Nap felé fordított oldalról és a bolygó sötét felére jég alakjában viszik át. A sötét félgömb úgynevezett foszforoszkalásának elfogadható magyarázatát is ebben találjuk; mert a korong meg nem világított részén elömlő gyöngye fényességet több jó megfigyelőnek ismételtelen módjában volt látnia.<sup>1</sup>



251. ábra.

Mars 1877-ben (Green)

**Mars felülete általánosságban.** — HUYGENS készítette 1659-ben az első határozott körvonalokat feltüntető Mars-vázlatot; 1840-ben BEER és MÄDLER megrajzolta a bolygó első térképét. A két félgömb fényesség tekintetében határozottan különbözik, a mennyiben az északi sokkal fényesebb. Ott valószínűleg szárazföld van, míg a déli félgömb főleg vízből áll;

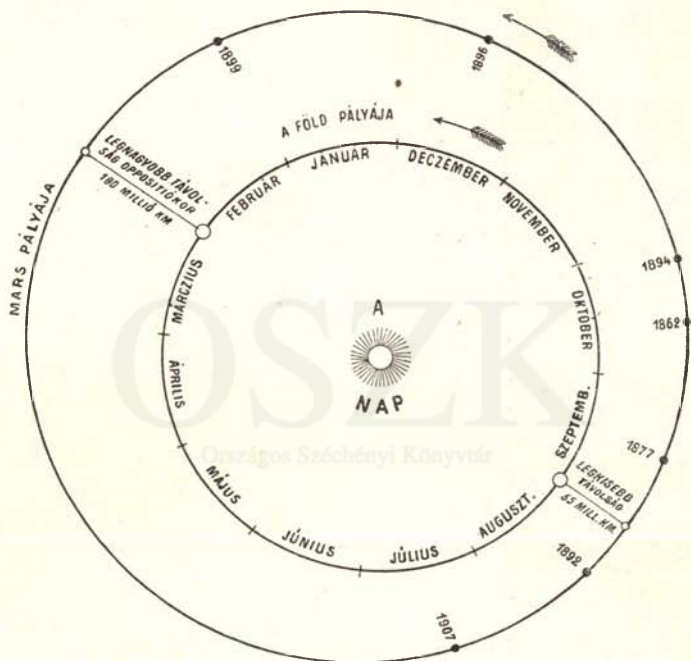
<sup>1</sup> E jelenség különben újabb kutatások szerint a Föld sarki fényéhez is hasonlít.

de általánosságban a szárazföld és víz eloszlása nem olyan, mint a Földön. Nálunk a kettő aránya 4:11; de a Mars bolygón a szárazföld kissé túlyomó és a víznek valószínűleg többnyire csekély a mélysége. Kiterjedt vidékek, melyeknek színe a szárazföldre utaló sárgából sötétbarnába szokott átmenni, gyaníthatólag mocsarak, melyeken a víznek változó mélysége okozza a színek különbségét. Mars — úgy látszik — életfolyamatának oly előrehaladt szakában van, hogy állandó vízfelszíneinek terjedelme már igen korlátolt. A korong széle fényesebb, mint belseje és egyes tájak látszó fényességének változása teljesen bizonyos. De ez jórészt onnan ered, hogy a bolygó tengelyforgása következtében látásunk iránya is más. Marsról fotografiák is készültek, de ezek a korongnak csak szembeötlőbb részeit mutatják. A *Syrtis Major* nevű jól ismert táj rajza (l. az *e*) ábrát a 391. lapon) inkább növényzetre vall, mintsem vízre. A fényhatár egyenletessége, melyet csak kevés kiálló részlet és csorba szakít meg, világosan mutatja, hogy Mars felszíne aránylag lapos, ha a Föld és a Hold jelenlegi hegyes-völgyes felszínéhez hasonlítjuk.

**A Föld és Mars pályája.** — Rajzunk a belső körrel a Föld, a külsővel Mars pályáját ábrázolja; az utóbbi helyes arányban külpontosan van elhelyezve. A belső kör kerületén megjelölt helyeken áll a Föld a különböző hónapokban; a külső körön lévő pontokban található Mars az egyes, évszámukkal megjelölt szembenállásai alkalmával. A legkedvezőbb szembenállás, melyben a bolygónak a Földtől való távolsága legkisebb, csak 55 millió kilométer, csupán augusztusban és szeptemberben következhetik be, mint az ábra jobb oldali része jelezi. Ugyanúgy bal felől a legkevésbé kedvező szembenállást látjuk oly esztendőben, melyekben ez február vagy márczius havára esik. Meg vannak még jelölve az újabbban, 1877-ben és 1892-ben elfoglalt kedvező szembenállásoknak megfelelő helyek is. De 1894 október havában a bolygó szembenállásakor, noha sokkal messzebb volt a Földtől, mégis magasabban deelt, mint 1892-ben, minthogy a Nap októberben a délkörön való átmenetkor mélyebben áll, mint augusztusban. Marsnak nagyobb declinációja miatt a megfigyelés kedvezőbb lehetett 1894-ben, mintsem 1892-ben, mert a

világnak majdnem valamennyi csillagvizsgálója a Föld északi féltekéjén épült. Egészen az 1907-iki szembenállásig, Marsnak távolságai mindannyiszor kedvezőtlenül nagyok. Még alkalmasabb lesz az 1909. évi szembenállás, mely szeptemberre fog esni, közel azon hosszúságra, mint 1877-ben volt.

**Mars sarkfoltjai.** — Ezeket CASSINI fedezte fel 1666-ban. Több, mint száz év múlva SIR WILLIAM HERSCHEL volt az első,



252. ábra.

Mars és a Föld pályái a szemköztálláskor való legkisebb és legnagyobb távolság feltüntetésével.

ki észrevette, hogy e foltok nagysága változik Mars évszakai szerint, melyek általánosságban a mieinkhez hasonlóak, noha hosszabbak, mert a Mars esztendeje is hosszabb. Mikor Marson vége felé jár a tél, legnagyobbak a sarkfoltok, azután a nyár végeig mindinkább összezsugorodnak.

A déli sark foltjának nevezetes kisebbedését HERSCHEL ideje óta többször nyílt alkalom megfigyelni és rajzunk beszámol



253. ábra.

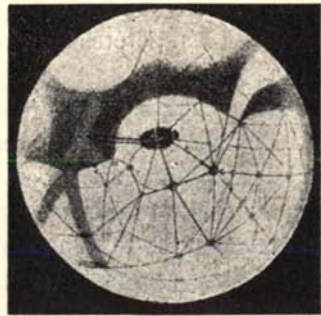
A déli sark foltjának  
összezsugorodása és  
eltünése 1894-ben.  
(BARNARD művéből, a  
„Popular Astronomy”-  
ból.)

a jelenség egész lefolyásáról Marsnak 1894-iki tavaszán és nyarán. Alig kétséges, hogy e sarki süveg összezsugorodása hó és jég olvadásának következménye. De STONEY a 266. lapon előadott tudományos elvek alapján arra a következtetésre jutott, hogy a Mars felszínén víz nem maradhat meg, légköre főleg nitrogénből és argonból áll és széndioxidot (szén-savat) is tartalmaz, melynek párái hol az egyik, hol a másik sarkon lecsapódhatnak, a mi a sarkfoltok tűneményét megmagyarázná. Északon a fehér folt majdnem pontosan a forgási sarkot fűdi, de délen a folt közepe körülbelül 300 kilométernyire eláll a sarktól és ez a távolság időnkint szabálytalanul változik. Az 1892. évi nyár kezdetén a déli sarkfolt 1900 kilométer átmérőjű volt; fokonykint közepe táján hosszú sötét vonal alakult, mely végtére kettémetszette a fehér gömbsüveget; ennek szélén csorba támadt; fekete foltok mutatkoztak közepe táján és a főtömegetől elszigetelt darabok látszottak különválni, melyek később szétesztek és eltűntek. Hasonló jelenség mutatkozott 1894-ben, mint Barnardnak e foltról készített 12 rajza is mutatja. Három hónap múlva a sarkfolt átmérője 270 kilométerre apadt és nyolcz hónap eltelte után teljesen elenyészett.

**Mars csatornái és oázisai.** — A sarkfolt kisebbedése szolgáltathatja a kulcsát Mars fizikai földrajzának is, mert zsugorodásával egyidejűleg sajátos vonalrendszer kezd kifejlődni, mely a szárazföld területeit minden irány-



a) A baloldali villa teteje *Fastigium Aryn*. A majdnem közép-ponti sötét szarv *Margaritifer Sinus*.



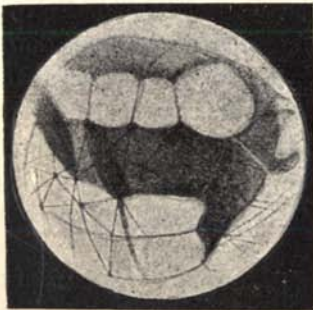
b) *Solis Lacus* majdnem közép-pen, balra a kétfelé ágazó *Nectar*.



c) *Sinus Titanum* hét elágazó csatorna kiinduló helye. *Eumenides* - *Orcus*-ra kilencz óázis mintegy föl van fűzve.



d) A derékszögű négyszög *Tri-vium Charontis*. Középen a sötét *Mare Cimmerium*.



e) A legnagyobb kerek térség *Hellas*. *Hellas* alatt a csúcsba futó *Syrtis Major*.



f) A kettős csatornák között van *Euphrates* (majdnem függőleges) és az erre merőleges *Asopus*.

254. ábra.

Mars SCHIAPARELLI és LOWELL nyomán (1877—1894).

ban átszeli és sötétes keskeny vonaloknak egész hálózatát alakítja.

Hat rajzunk a bolygó felszínét minden hosszúságban elénk tárja, a csatornákat pedig erősen vastagítva tünteti fel. Valamennyi csatorna a lapos korongon vagy egyenes, vagy egyenletesen görbülő vonalnak látszik; ha pedig gömbre áthelyezve gondoljuk, ennek felszínén mint legnagyobb körök ívei húzódnak el. Sok csatorna kékes-zöld térségek nyulványaiban végződik, talán valóságos kisebb-nagyobb öbölben. A csatornák számos keresztezésénél tojásdad, vagy kerek foltok vannak, úgynevezett oázisok, melyek közül nem egy olyan, mint a kerékagy, mindenfelé kiinduló küllőkkel. Az oázisok átmérője 200 kilométer. *Lacus Phoenicis* például hét csatornának találkozó helye. A leginkább figyelmet keltő ilyenmű képződmény a marsbeli déli szélességnek körülbelül 30-ik foka alatt van. (Lásd a 254. b) Mars-rajz közepe felett.) Habár még gyakran „*Oculus*“ vagy *Mars szeme* néven emlegetik, elfogadott neve most *Solis Lacus* (a *Nap tava*). Szélessége 480, hosszúsága 870 kilométer. A *Nap tavát* keskeny kettős csatornák szelik, melyek az átlagosnál sokkal rövidebbek. A csatornák hossza átlag 1900 kilométer, de a leghosszabb az *Eumenides-Orcus*, melynek teljes hossza 5600 kilométer, majdnem annyi, mint a bolygó egész átmérője. Hosszúságuk nagyban hozzájárul, hogy a csatornák könnyebben láthatók legyenek, mert szélességök átlag csak 50 kilométer. SCHIAPARELLI volt az első, ki csatornákat felfedezett (1877). Színök kékes-zöld. Felfedezőjük több ízben megfigyelte őket Olaszországban, LOWELL Arizonában, PERROTIN Franciaországban, W. H. PICKERING Dél-Amerikában, több csillagász a Lick-csillagvizsgálón, WILSON Minnesotában és WILLIAMS Angolországban. Mindössze körülbelül kétszáz csatornát láttak; létezésüket tehát most már általánosan elismerik. De igen nyugodt légkör kell hozzá, hogy észrevehessük őket.

**A csatornák és oázisok megkettőzése.** — LOWELL, AZON kevés megfigyelők egyike, kik a csatornák megkettőzését láthatták, ekkép írja le a csodás tüneményt:

„A korong valamely részén, a hol ez ideig csak *egy* csatorna volt látható, hirtelenül, egyetlen éjjel, az egyszerű csa-

torna helyett ikercsatornát vehetni észre. A kettő valóban oly hasonló, vagy még hasonlóbb, mint az ikrek; az eredeti csatorna irányában egymás mellett, rendszerint több ezer kilométernyire vonul és mindvégig egyforma szélességű és tökéletesen párvonalos. Az ily csatornapár legjobban a vasúti sinpárhoz hasonlítható. A tűnemény szabályossága szinte megdöbbentő“.

Számos kettős csatorna látható hatodik *Mars*-rajzunkon (254. ábra). A csatornapár köze átlag 240—320 kilométer. Ez a még titokszerű tűnemény — úgy látszik — nem optikai csalódás, nem is kettős törés; hanem tényleg létező kettőzés, mely csak kivételesen kedvező légköri körülmények között látható. A mi még különösebb: alkalmilag az oázisok is kettősen láthatók.<sup>1</sup>

**A csatornák és oázisok jelentősége.** — A természettudománynak feladata nemcsak leírni a tűneményeket, hanem meg is magyarázni. A csatornák, akár egyszerűek, akár kettősek, sok oly csillagász véleménye szerint, ki saját szemével látta, inkább mesterséges készítményeknek látszanak, mintsem a természet művének. Ha az előbbit fogadjuk el, a csatornának az a magyarázata, melyet W. H. PICKERING adott és LOWELL érvekkel erősített, igen elfogadhatónak tetszik: Viz gyéren van a bolygón; a mint a sarkfoltok hava olvad, a víz a látható csatornák közepén levő szűk csurgókon fokozatosan lefolyik és egyszersmind nagy szélességű térségeket elönt, melyek az évszak előhaladtával növényzet mezében diszlenek. Hasonlókép van a dolog az oázisokkal. Abból a nagy távolságból, a honnan mi észlelhetjük, a marsbeli tél idején láthatatlan növényzet, mint csatorna és oázis tűnik szemünkbe minden tavasz visszatérével. Az a tény, hogy oázisok csak csatornák kereszteződési pontjában láthatók, máshol nem, tetemesen támogatja ez okoskodást. Természetesen ez elmélet elfogadása magával hozza azt a feltevést is, hogy a Mars elmúlt korszakokban értelmes lényekkel volt népesítve; ilyenek talán most is lakják, kik életök fentartása céljából e bolygón, hol

<sup>1</sup> Újabban mégis halmozódnak oly jelek, melyek a kettőzést csalódnak minősítik.

a természet szolgáltatta víz századokon át folyvást elkallódott, a kiterjedt öntözést legelső életfeltételnek tekintik. Mert az állati élet, a mennyire mi ismerjük, a növényzet létezéséhez van kötve, melynek viszont nélkülözhetetlen feltétele a víz természetes, vagy mesterséges eloszlása. De ugyancsak sokáig kell majd vizsgálnunk a csatornák és oázisok tulajdonságait Marsnak mindkét félgömbjén, mielőtt reményünk lehet, hogy azt a kérdést, van-e a miénken kívül más világon is élet, észszerűen megoldhassuk. E nehéz vizsgáladásnak szentelte magát LOWELL, a kit a tehetséges megfigyelők egész kara és kedvező klimában felállított 24 hüvelykes (61 cm.) Clark-féle távcsöve támogat.

**Az évszakokkal járó változások.** — Azok az évszakokkal járó meglepő változások, melyek a Marsnak pályájában való haladásával lépést tartanak, legszembeötlőbbek, ha a bolygónak több havi időközökben készült rajzait összehasonlítjuk. Három ilyen szemeltünk ki a VI. táblán. Mindháromnak közepén van a *Hesperia* nevű vidék. Az első, 1894 júniusban felvett kép Mars kora tavaszának felel meg. A déli sarkon a hó olvadása épen megindult. Minden oldalról sötét térség körüli, mintha az olvadó hószög vize venné körül és csakugyan ez a szalag követi a kisebbedő hófoltot, s maga is keskenyedik amannak összehúzódtával. Ez tisztán látható a középső ábrán, mely a nyár elejének felel meg. Figyelemre méltók a korong egyéb változásai is: (1) általában keskenyedik a sötét térségek, melyek a bolygón valóságban zöldeskékek; (2) a vörös okkerszínű tájak a déli féltekén végig sokkal élénkebb színűekké lesznek, mintha a víz tetemes része már elpárolgott volna, Hesperia pedig ferde, V-alakú, vörösés képződménynek kezd már látszani a korong közepén; (3) a csatornák kialakulása megkezdődik, de még nem haladt nagyon előre. A mint a bolygón nyár vége közeledik (minek a harmadik rajz felel meg), Hesperia tátongó hasadékká lett a vízzel borított térség közepén; három csatorna kiváltképp ki van fejlődve az északi féltekén és a déli sarkfolt teljesen eltűnt. Más hosszúságon egyidejűleg hasonló változások történnek, még pedig ugyanabban a jellemző és természetesnek tetsző irányban.

**Az apró bolygók felfedezése.** — 1800-ban, a XVIII. század záró évében, az a felöltő körülmény, hogy Mars és Jupiter között nincs meg a BODE törvénye megkívánta bolygó, arra vezetett, hogy 24 csillagász szövetkezett a hiányzó égi test kutatására. PIAZZI Sziciliában a felfedezéseknek hosszú sorát nyitotta meg, midőn a XIX. század első éjszakáján (1801 január 1.) az első kis bolygóra bukkant. *Ceres*-nek nevezte el, Szicília védő istennője után. 1807-ig még három kis bolygót (*Pallas*, *Juno*, *Vesta*) fedeztek fel, de az ötödikre csak 1845-ben akadtak.

Egyetlen esztendő sem mult el 1847 óta, melyben a felfedezések száma nem szaporodott volna legalább egygyel és 1896-ban a növekedés negyven volt. Jelenleg már közel 500 apró bolygó ismeretes. Az Egyesült Államok csillagászhai, főleg PETERS Clintonban (New-York) és WATSON Ann Arborban (Michigan) összesen 75-öt fedeztek fel, mely számból az előbbire 48, az utóbbira 22 jut. PALISA Bécsben 72 apró bolygónak felfedezője. A heidelbergi WOLF volt az első, a ki 1891-ben fotografiai útra terelte a kis bolygók keresését s e módon ötven új bolygóra akadt. Az érzékeny lemezen, ha két vagy három óráig ki van téve az égnek valamely része felé, a hol apró bolygók várhatók, az összes csillagok állandó nyomot hagynak kerek foltok, a netaláni bolygók pedig, minthogy felvétel közben mozognak, rövid vonalak képében. Ily módon körülbelül húszszor könnyebben találhatni meg az apró bolygókat, mint a régi mód szerint, midőn távcsővel a látómező csillagjairól több órai közben rajzot kellett készíteni. CHARLOIS Nizzában fotográfia segítségével több mint 90 apró bolygót talált. A legújabban felfedezettek közül körülbelül száz még névtelen; ezeket számmal jelölik, például (331), vagy pedig felfedezésük évével és két betűvel, például 1897 DE = (428). Valószínűleg még százával és talán ezrével is vannak ily testek. A felfedezéseket az egész Földön chifferes telegrammal teszik közzé.

**Az apró bolygók pályái és eredetök.** — Az apró bolygók pályái, habár elválaszthatatlanul egymásba fűződők, sokban különböznek egymástól. Korántsem egyenletes az eloszlásuk; gyűrűjük azon helyein, hol a megfelelő keringési idő és Jupiter keringésének tartama között kis számokkal összemér-

hető viszony állana fenn, hézagok találhatók, a milyenek — mint látni fogjuk — Saturnus gyűrűjében is előfordulnak.

Különösen áll ez azon távolságokról, melyek Jupiter kerin-gési ideje felének, vagy harmadának felelnek meg. Az apró bolygók pályái nemcsak hogy korántsem egyközepűek, hanem kivételesen nagy szögek alatt is hajlanak az ekliptikához, például *Pallas* (2) hajlásszöge  $35^0$ . Akadnak csoportok, melyek-nek tagjai majdnem azonos pályákon mozognak; egyik cso-port 11 tagból áll. *Polyhymnia* (51) tetemes háborgásokat (per-turbatio) szenved Jupiter vonzásától, a mit NEWCOMB újból az óriási bolygónak tömeg-meghatározására használt fel; a talált érték a Nap tömegének  $\frac{1}{1047.35}$  része. *Victoria* (12), *Sappho* (80) és mások, minthogy igen közel jutnak a Földhöz, GILL és ELKIN csillagászoknak kedvező módot szolgáltatottak a Nap és Föld kölcsönös távolságának tüzetes meghatározására.<sup>1</sup> Az apró bolygók pályáira vonatkozó adatokat a *Berliner Astronomisches Jahrbuch* évente közli.

OLBERS igen korán fogalmazta azt a most már elhagyott elméletet, hogy az apró bolygók egyetlen nagyobb bolygó szétrobbanásából erednek. Igen valószínű azonban, hogy mégis a nagytömegű Jupiter szomszédságának tudandó be, hogy a naprendszer e helyén egy nagyobb bolygó helyett az apró testeknek e sokaságát találjuk; mert Jupiter vonzó hatása a bolygók kialakulásának elvei szerint képződött gyűrűt fejlő-désének korszakában könnyen megakadályozhatta, hogy külön bolygóvá tömörüljön.

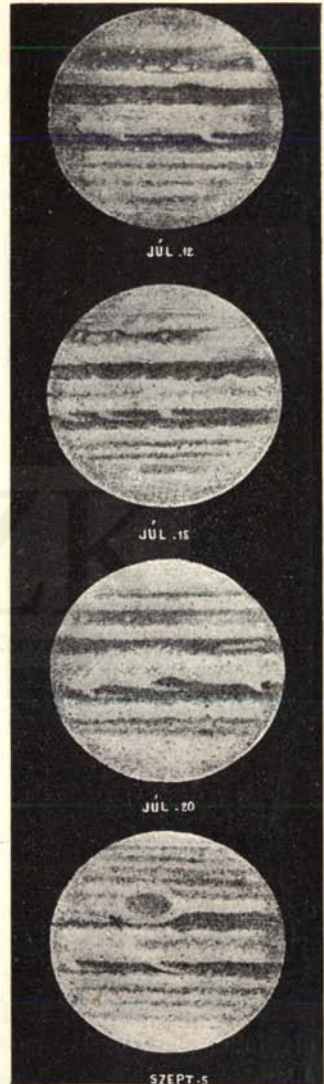
**Jupiter felszine.** — Már mérsékelt nagyságú távcsövel nézve, *Jupitert* — mint találó rajzainkban is — számos vilá-gos és sötét csík övezi, melyek változó színűek és szélessé-gűek, egymással és az egyenlítővel többé-kevésbé párvonalos fekvésűek. Mindig igen közel egyeneseknek tünnek fel, mert Jupiter egyenlítőjének síkja majdnem pontosan keresztül-megy a Földön. Nem nehéz e sávolyokat meglátni, mégis 20 év mult el a távcső feltalálása óta, mielőtt 1630-ban Rómában felfedezték. Rendszerint egy  $25^0$  szélességű egyen-

<sup>1</sup> A módszer fogalmazása és Flóra bolygón első ízben való alkal-mazása a breslau-i Galle érdeme.

lítői öv legvilágosabb színű és közepén igen keskeny sötét csík vonul végig. Nagyobb távesövek a foltoknak és csíkoknak nagy változatosságát tárják fel e vidéken, de e rajzok állandósága inkább kivétel, mint szabály. Úgy látszik, hogy az egyenlítő tája nagy fizikai rázkódásoknak színhelye. Ezen övet mindkét oldalán rendszeren egy-egy vöröses, mintegy  $20^{\circ}$  széles sávoly határolja, melyben nagyobb mérvű zavarok nem észlelhetők; a déli sávoly azonban gyakran ketté osztott. Épen alatta van a „nagy vörös folt”. Helylyel-közzel az egyenlítői övnek szélein fehér felhőszerű tömegek hosszú ferde áramlások alakjában átnyúlnak a vörös sávolyokra, a melyeket azután két-három keskeny szalagra osztanak. Távolabb az egyenlítőtől még más sávolyok is vannak, melyek a sarkokhoz közel, a gömb görbülete folytán megrövidülve mindinkább keskenyeknek tetszenek. A sávolyok a korong széle felé mindenütt, a sarkok és egyenlítő táján egyaránt, az észrevehetetlenségig elmosódnak. A főbb sávolyok színe és fénye korántsem állandó, árnyalatuk barnás-, réz- és biborszín között váltakozik. A két félteke közül a délinek vörös árnyalata valamivel határozottabb.

#### Jupiter nagy vörös foltja. —

Ez az óriási folt, melynek területe nagyobb az egész Föld fel-

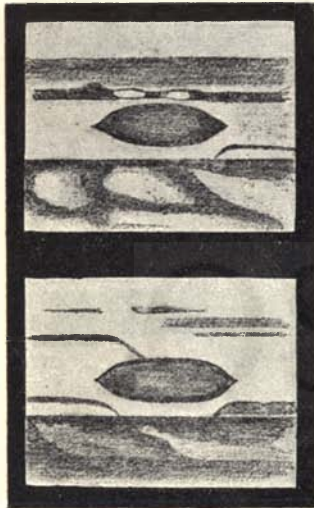


255. ábra.

Jupiter 1889-ben (Keeler).

szinénél, valószínűleg jó régen keletkezett; mert habár biztosan csak 1869-ben, és még határozottabban 1878-ban látták, — ekkor PRITCHETT pillantotta meg először, — vannak jelek, melyek arra utalnak, hogy CASSINI Párisban már 1685-ben észlelte.

Rajzaink úgy tüntetik fel a foltot, a hogyan 1881-ben és 1885-ben mutatkozott. Ez az ellipszis alakú folt körülbelül 13,000 km. széles és 48,000 km. hosszú volt. A nagy vörös folt nem volt mindenkor egyaránt szembeötlő, mert 1883—84-ben



256. ábra.

Jupiter nagy vörös foltja  
1881-ben és 1885-ben.

(DENNING.)

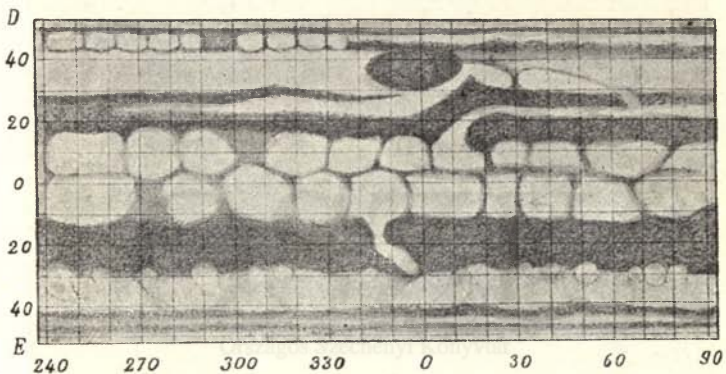
majdnem a felismerhetetlenségig halványult. A következő évben úgy látszott, mintha a közepét fehér felhő fődte volna, úgy hogy némileg láncszemhez hasonlított. A 397. lap legalsó rajza 1889. évi alakját mutatja be. Most egészen láthatatlan, de meglehet, hogy időszakos tűnemény, s újra meg fog jelenni. Észrevették, hogy közelében levő felhőnemű képződményeket meglepően eltaszított. Ha a folt állandóan egy helyen maradt volna a bolygó felszínén, gondolni lehetne, hogy egyszerűen óriási szakadás Jupiter külső légköri burkolatában, melyen át belső rétegek sűrű vörös gőzeit, vagy talán a bolygónak igazi felszínét is láthatni; de lassú haladása kizárja

e feltevést. Kielégítően magyarázni a vörös folt mivoltát eddig nem sikerült.<sup>1</sup>

**Jupiter térképe.** — Habár a Jupiter korongján látható részletek tetemes változásokat szoktak szenvedni, nem egy oly jellemző képződmény van jelen, mely hónapokon át eléggé állandó, hogy térkép készítését lehetővé tegye. Bemutatunk efféle térképet Merkator-féle vetületben, de ez csak általános

<sup>1</sup> Helyzetét, méreteit és mozgásait talán leg gondosabban Kobold észlelte Ó-Gyallán.

vonásokban mondható hűnek. A nagy vörös folt középpontja a hosszúságok kezdőpontjául szolgál. A főbb sávolyok és a legfontosabb fehér foltok tisztán láthatók. Ha egy-egy évi időközzel sok ily térképet szerkesztenének, sokat lehetne megtudni a bolygó légköréről, jelenlegi fizikai állapotáról és jövődő fejlődéséről. A fotográfia, melyhez sikerrel folyamodott COMMON és RUSSELL, továbbá a *Lick*-csillagvizsgáló, nagyon sok részlet és igen számos fehér és fekete folt felismerésére vezetett ugyan, de eddigelé a finomabb rajz felkutatásában nem mérkőzhetik a szemmel; nagy akadály a



257. ábra.

Jupiter egy részének térképvázlata 1895-ben (Henderson).

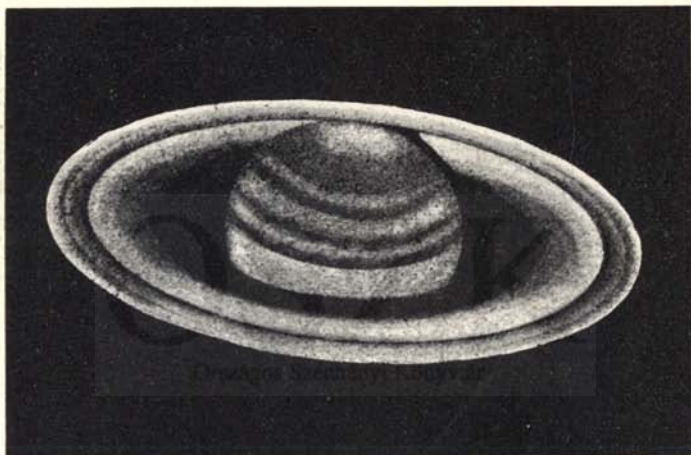
felvétel hosszú tartama és a légkör nyugtalansága. Jupiter tanulmányozásával kitartóan foglalkozott HOUGH Amerikában és WILLIAMS Angliában.<sup>1</sup>

**Saturnus felszine.** — Már két hüvelyk (5 cm.) nyílású távcsővel is látható Saturnus gyűrűje, úgyszintén legnagyobb holdja, a *Titan*. Négy hüvelykes (10 cm.) távcsővel kedvező körülmények között már négy további hold is feltalálható. Az egész korong úgy tűnik fel, mintha vékony, gyönges, sárgás fátyol borítaná. Szabálytalan időközökben Jupiteréihez hasonló sávolyok is láthatók, de kevésbé állandók, és sokkal halvány-

<sup>1</sup> Európában Lohse Potsdamban és nálunk Konkoly és Gothard Jenő.

nyabbak. Saturnusnak rendszerint az egyenlítői öve a legfényesebb része, sarkát pedig gyakran olajbogyóra emlékeztető zöld színű sűveg fűdi. Kitűnő Saturnus-fotografiák készültek a *Lick*- és a *Greenwichi* csillagvizsgálón.

Közel 15 évi időközökben a sávolyok erősen görbülteknek látszanak, mint a mi Saturnus-képünkön, mert olyankor a Föld körülbelül 26 fokra van a bolygó egyenlítőjének síkja fölött, vagy ez alatt, a mennyiben Saturnus tengelye a pályasíkjára merőleges egyenessel ekkora szöget zár be. A 15 évi idő-



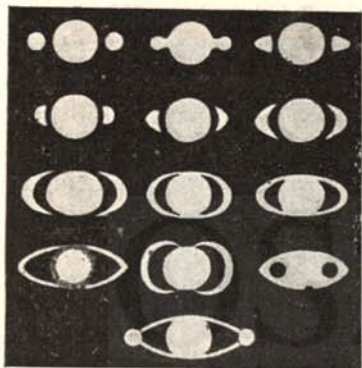
258. ábra.

Saturnus és gyűrűi (Pratt rajza, 1884-ből).

közök közepe táján a sávolyok, mint a Jupiteren, egyenesek, mert akkor Saturnus egyenlítőjének síkja nagyon közel a Földön halad át (l. az 1891. évi rajzot). Csak néhány fényes folt és némi szabálytalanság látható sávolyaiban, és ezért tengelyforgásának idejét meghatározni nem könnyű. Az égi testek fotográfiája még nem haladt annyira, hogy nagy segítségünkre lehetne, midőn apró részleteket kellene megállapítani oly kicsiny korongon, mint a Saturnusé. Ha még érzékenyebb lemezeket fognak készíteni, melyekkel a kép felvételének ideje is sokkal rövidebb lehet, a légkör nem teljes nyugodtsága miatt most kikerülhetetlen elmosódás kevésbé fog

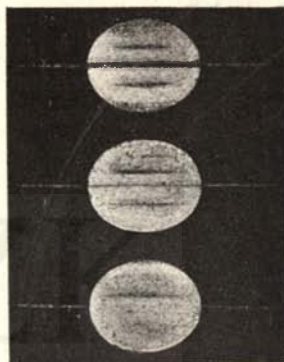
zavarni. 1896-ban számos gyenge és majdnem kör alakú sötét és fehér foltot vagy pettyet észleltek Saturnus gömbjén.

**Saturnus gyűrűi és alakjok.** — A Saturnust egész sor vékony, lapos. rendszerint ellipszis alakúnak látszó körgyűrű környezi. A Saturnus a XVII. század első felében nagy fejtörést okozott a csillagászoknak, kik mindenféle fantasztikus rajzát készítették (egynéhányat be is mutatunk). HUYGENS volt az első, ki 1655-ben a gyűrűk talányát megoldotta. Ha a gyűrű eléggé nyitott, mint 1884-ben (l. a 258. ábrát), 1898. és 1889. évek-



259. ábra.

Saturnus első rajzai  
(a 17. századból).



260. ábra.

Saturnus 1891-ben. (Lapult-  
sága felülről.)

ben, élesszemű megfigyelő már kis távcsővel is gyenge sötétes vonalokat láthat a gyűrű közepe táján. Ezek a gyűrű-rendszer oszlásai; ugyanis három gyűrű van: (A) a külső fényes, (B) a belső fényes és (C) a legbelső vagy homályos gyűrű.

Mialatt Saturnus a Nap körül kering, a gyűrű síkjának iránya önmagával párvonalos marad épen úgy, mint ez a Föld egyenlítőjére is áll. Következésképpen Saturnus gyűrűinek síkja némelykor a Földön, máskor a Napon halad át, vagy pedig a Föld és a Nap közé esik. Ez esetben Saturnus gyűrűi vagy teljesen eltűnnek az ember szeme elől, vagy alig láthatók, mint rajzban már bemutattuk. A gyűrű oly vékony, hogy az első esetben, midőn a Föld épen annak síkjában van, nem



1878 látható. A második esetben azért tűnik el a gyűrű, mert a Nap egyik oldalát sem sűti, hanem csak az élet. A harmadik esetben is eltűnhetik a gyűrű, ha a Föld az egyik, a Nap az ellenkező oldalán van, és ezért csak meg nem világított része fordul felénk. A mondott okokból a gyűrű eltünése körülbelül minden 15 évben, Saturnus félkeringési ideje multával, következik be, és a legközelebbi eltűnés 1907-ben várható, mint (megfordító távcsőre vonatkozó) rajzunkból is kiderül.

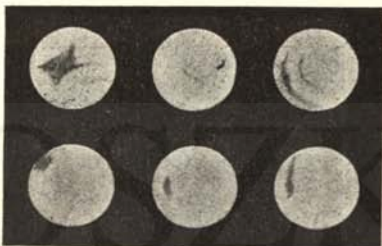
1880  
1882  
1884  
1885  
1886 **A gyűrűk mérete és alkotása.** — A gyűrűrendszer méretei roppant nagyok, különösen vastagságához viszonyítva, mely 150 kilométert meg nem haladhat. Oldalról nézve igen finom, gyakran szaggatott vonalként tűnik fel (260. ábra).

1887  
1889  
1891 A külső gyűrű átmérője 276,800, szélessége 16,600 km.; azután a két fényes gyűrűt elválasztó köz következik, melyet CASSINI 1676-ban fedezett fel s mely 3100 km. széles.  
1893 A belső fényes gyűrű külső átmérője 119,500, szélessége 29,700 km. Az erre következő legbelső vagy homályos gyűrű, melyet BOND fedezett fel 1850-ben, 14,000 kilométer széles, belső átmérője pedig 145,500 kilométer;  
1895 a belső fényes gyűrűhöz — úgy látszik — minden elválasztó köz nélkül csatlakozik.  
1897 Olyan fátyolszerű, hogy kivéve külső szélét, a Saturnus közvetlenül átlátszhatik rajta.  
1899 A belső fényes gyűrűt külső szélének vastagodása jellemzi; ez egyszersmind az egész gyűrűrendszernek legfényesebb része. A gyűrű sem nem szilárd, sem nem cseppfolyós anyag, hanem igen kis, valószínűleg hullócsillagokhoz hasonló testecskek óriási felhői vagy rajai alkotják. Minden egyes részecske saját pályáját követi, mintha önálló holdacska volna, és  
1901  
1903  
1905  
1907

261. ábra.

Saturnus gyűrűjének fázisai.

egyik a másiktól a térben talán ezer és ezer kilométernyire van ; de a bolygó oly messze van a Földtől és oly számosak e részecskéi, hogy összefüggő szilárd gyűrű gyanánt látszanak. KEELER a spektroszkóppal igazolta ez elmélet helyességét,<sup>1</sup> kimutatván, hogy a Saturnus| gyűrűjét alkotó részecskék közül a belsők, KEPLER harmadik törvényéhez alkalmazkodva, gyorsabban keringenek a főtest körül, mint a külsők. A legbelső részecskék keringési ideje 5 ó. 50 p., a mi csak kevéssel több, mint Saturnus tengelyforgási idejének fele. Néhány megfigyelő szerint a bolygó középpontja a gyűrűk közepétől kissé oldalt esik. Nem lehetetlen, hogy a gyűrűrendszer csak átmeneti alak, melyből a kialakulás folyamán a tizedik hold válik (l. a 322. ábrát.)



262. ábra.

Uranus 1896-ban (BRENNER nyomán).

**Uranus és Neptunus felülete.** — A nagy Uranust, az első távcsővel talált bolygót, SIR WILLIAM HERSCHEL fedezte fel 1781 márczius 13-án. Visszafelé számítva csakhamar kitűnt, hogy e bolygót az előző században körülbelül húszszor figyelték meg, de tévesen álló csillagnak nézték. Oly nagy az Uranus távolsága és oly kicsiny látszólagos korongja, hogy csak igen kevés megfigyelő akadt, a ki halvány zöld felszínén csak valamit is felfedezhetett. Voltak, a kik a Jupiteréihez hasonló sávolyokat láttak, mások fehér foltot, melyből 10 órás tengelyforgásra lehetne következtetni. Újabban BRENNER Lussinpiccolo pompás ege alatt készített e bolygóról vázlatokat és rajzai közül hatot

<sup>1</sup> Ez elmélet az angol Maxwelltől ered ; első tapasztalati igazolását fotométeres mérések alapján Seeliger adta Münchenben. R.

mi is közlünk. A foltok sem nem számosak, sem nem határozottak. Ha Uranuson ily keveset találunk, még sokkal csekélyebb várakozásokat fűzhetünk Neptunushoz, melyen eddig csakugyan semmiféle rajzot sem vettek még észre.

**Neptunus felfedezése.** — Neptunust ugyanazon módszerrel egyidőben ketten fedezték fel. Már a XIX. század elején feltűnt, hogy Uranus messze elkóborol az elmélet kijelölte útról és ennek az eltérésnek okát sokáig nem sejtették. Két fiatal csillagász, ADAMS Angliában és LEVERRIER Franciaországban, az első 1843-ban, a másik 1845-ben, e jelenség okának felkeresésére adta magát; mindkettő abból a feltevésből indult ki, hogy Uranuson túl még egy, felfedezetlen bolygó létezik. ADAMS előbb jutott eredményhez és angol csillagászok hozzáláttak a sejtett bolygónak távcsővel való felkereséséhez, mi végett mindenek előtt pontos térképet készítettek az ég ama táján létező összes csillagokról. De LEVERRIER, mihelyt számításait befejezte, a kapott eredményt a berlini csillagvizsgálóval közölte, melyben épen akkor készült el az ég ama részének pontos térképe, a hol a bolygónak állania kellett. A térképnek összevetése az éggel, 1846 szeptember 23-án, azonnal a később Neptunusnak elnevezett bolygó felfedezésére vezetett. Nemsokára kiderült, hogy Neptunust a megelőző félszázad folyamában szintén többször látták és álló csillagnak hitték. Picziny korongja különben eléggé könnyen megkülönböztethető az öt környező álló csillagoktól, ha legalább 200-szoros nagyítású távcsővel nézzük. Elméleti okokból gyanítható, hogy Neptunuson túl még két külsőbb bolygó van; de eddig még nem sikerült ily testeket felfedezni, habár úgy optikai, mint fotografiai eszközökkel buzgón kutattak utánok.

---

#### XIV. FEJEZET.

### AZ EGYETEMES TÖMEGVONZÁST BIZONYÍTÓ ÉRVEK.

Neptunus felfedezése oly döntően erősítette meg NEWTON törvényét és e törvény egyetemes érvénye oly tökéletesen ad számot az égi testek mozgásairól és sokféle fizikai jelenségeikről, hogy a jelen fejezetet okvetetlenül az egyetemes tömegvonzást bizonyító érvek legalább vázlatos körvonalozásának kell szentelnünk.

**Keplertől Newtonig.** — Bármennyit haladt KEPLER a bolygók mozgásainak ismeretében, mégsem magyarázta meg a mozgásokat igazán; mert az ő híres három törvénye csak arról ad számot, hogy *mikép* mozognak a bolygók, de egyáltalában nem érinti annak okát, hogy *miért* igazak a bolygók mozgásának ezen törvényei. Mielőtt e kérdésre felelhetek volna, a fizika vagy — a hogyan akkor nevezték — a természetfilozófia alapelveit teljesebben kellett megérteni. Ezek az alapelvek a testek nyugalmi és mozgási állapotára vonatkoznak. A *nyugalom* szó relativ értelmű és az abszolút nyugalom nem is értelmezhető. A mozgás helyváltozás; az abszolút nyugalom a mozgás hiányának állapota lenne. GALILEI volt a XVII. század elején az első filozófus, ki a mozgás törvényeit tisztázta és írásba foglalta. De minthogy NEWTON jobban fogalmazta, azért örökre az ő nevéhez fűződnek. E törvények sarkigazságok (axiomák), azaz oly tételek, melyeknek igazságát azonnal elismeri mindenki, mihelyt tisztán megérti a kifejezésekre

szolgáló szavak tartalmát. Csakugyan NEWTON is *Axiomata Sive Leges Motus* néven szerepelteti e törvényeket *Philosophie naturalis principia mathematica* (a természetfilozófia alapelvei) című nagy művében. Hogy az egyetemes vonzás Newton-féle törvényét kellően megérthessük, legelsőbbben a mozgásnak három sarkalatos törvényével kell megismerkednünk.

**Newton első mozgási törvénye.** — Az első törvény következőleg szól: Minden test, míg külső erő nem hat rá, nyugszik, vagy egyenesen, és egyenletesen mozog. NEWTON e törvényben azt a fizikai igazságot mondja ki, hogy az egyenletes mozgás állapota épen oly természetes, mint a nyugvási állapot. A ki efféle dolgokon sohasem gondolkodott, annak eleinte igen nehezebbre esik ez állítás valóságát felfogni, mert neki úgy látszik, hogy a nyugalom a természetes, a mozgás pedig ráerőszakolt állapot. De minden nehézség azonnal elenyészik, ha vizsgálni kezdjük, hogy milyen okok állítják meg a mesterségesen mozgásra indított testeket.

Sík földön guruló labda hamar megáll, mert haladtában sokszor emelkednie kell a nehézségi erővel szemben, hogy kisebb akadályok, fűszálak és kavicsok fölött tovagurulhasson. Együttal tetemes felszíni súrlódás ellen kell küzdenie. A puskából kilőtt golyó is elég hamar megáll, mert a levegő ellenállása kisebbiti sebességét és végtére a nehézség lehúzza a földre. Izomerősítő téli játék a Skóthonban elterjedt úgynevezett *curling*. E játékhoz sima, súlyos, erősen lapult narancshoz hasonló alakú követ használnak, melynek tetején hajlott fogantyú van. Ha az ily követ erős lökéssel sima jégpályán lehetőleg gyors csuszamlásnak indítják, nagy távolságra halad sebességének igen csekély csökkenésével és így megközelítőleg igazolja NEWTON első törvényét. De ennek tökéletes érzékitése e Földön nem lehetséges. Ha a naprendszerből igen távol puskagolyót lőhetnénk a világűrbe, ez a golyó mérhetetlen időközön át egyenes vonalban haladna, mert a levegő ellenállása nem gátolná útjában és nem lenne közelében oly égi test, mely ösvényéről letérite.

**Newton második mozgási törvénye.** — A második törvény így szól: A mozgás változása arányos a ráható erővel és ennek irányába esik.

Ezt a törvényt könnyű minden készülék nélkül is szemléltetni. Vízszintesen hajtsunk valamely követ, vagy más tárgyat. Mindenki előre tudja, hogy a hajtott test útja gyorsan lefelé fog görbülni, végre a test leesik a földre. Az asztal sima és vízszintes lapjáról gyors kézmozdulattal söpörjünk le pénzdarabot vagy más apró tárgyat; szabad eséssel néhány decziméternyi távolban a padlóra fog hullani. Némi kísérletezéssel kiderítjük, mekkora lökés kell, hogy a pénzdarab



263. ábra.

Newton második mozgási törvényének igazolása.

— mint rajzunkban látható — először 2, azután 4 és 6 hosszegységre röpüljön.<sup>1</sup> Másik kezünkkel addig próbáljunk egy másik pénzdarabot az asztalról egyszerűen leejteni, míg esés közben nem fordul, hanem vízszintes helyzetét a padlóhoz való ütdéséig megtartja. Működtessük azután mindkét kezünket együtt és egyszerre. Ezt addig próbáljuk, míg az egyik kéz ujjai épen abban a pillanatban bocsátják el a pénzdarabot, a mikor a másik kéz a maga pénzdarabját lesöpri az

<sup>1</sup> Hosszegységül az eredetiben az angol láb, tehát körülbelül három decziméter szolgál.

asztalról. Ha ez sikerült, tapasztalni fogjuk, hogy a két pénzdarab pontosan egyidejűleg ütődik a padlóhoz, még pedig mindannyiszor, akár 2, akár 4 hosszegységre, akár még nagyobb távolságra röpitjük az első pénzdarabot. Ha a nehézség erő nem működne, az első pénzdarab vízszintesen, az asztal lapjának magasságában haladt volna a lökés erejéhez mérten 2, 4 vagy több hosszegységnyire. A második mozgási törvény kimondja, hogy az állandó erő (ez esetben a nehézség) az első pénzdarabot épen annyira téríti el attól a helytől, a hova a nehézség behatása nélkül elért volna, mint a mennyire ugyanazon erő, ha függőlegesen és magában működik, ugyanannyi idő alatt mozditja ki nyugalmi helyzetéből. Bármilyen távolságra hajtsuk a pénzdarabot, „mozgás-változása“ mindig az asztal és a padló síkjainak kölcsönös távolsága, azaz oly egyenes vonal, a mely egyszersmind „az erő irányába esik“. A törvény akkor is áll, ha nem vízszintesen hajítjuk a pénzdarabot, csak a padló (vagy a mi másra a pénzdarab esik) párvonalos legyen a felszinnel, a honnan a pénzdarabot hajítjuk.

**Newton harmadik mozgási törvénye.** — A harmadik törvény így szól: Minden hatásnak egyenlő nagyságú és ellenkező irányú ellenhatás felel meg; vagyis bármely két testnek kölcsönös hatása mindig egyenlő és ellenkező irányú. Ez a törvény a befejező lépés az egyetemes tömegvonzás egyetlen törvényének megértéséhez, mert két, vagy több test között fellépő kölcsönhatásokkal foglalkozik, a milyeneket a többtagú naprendszerben tényleg tapasztalunk.

Legvilágosabban fejezik ki a dolgot NEWTON-nak saját szavai: „Ha ujjaddal nyomod a követ, viszont a kő is nyomja az ujjadat. És ha a ló kötélhez erősített terhet húz, a lovat (mondhatni) ép oly mértékben visszahúzza valami a teher felé; mert a kifeszített kötél, állandóan igyekezőn feszültségétől szabadulni, a lovat ép úgy húzza a teher felé, mint a terhet a ló felé“. <sup>1</sup> Hatás és ellenhatás mindig egyenlő és ellenkező irányú.

<sup>1</sup> A nagy nyomás ellenére, melyet valamely présnek csavara kifejt, az egész szerkezet nem mozog, mert a préselt anyag ép oly erővel nyomja a csavar-orsót ellenkező irányban.

Így tehát, ha az egyik test a másikra bizonyos távolságból vonzást gyakorol, a második az elsőt ugyanakkora erővel, de ellenkező irányban vonzza. Ha két egyenlő és ezért egymást ellensúlyozó erő csak *egy* testre hatna, ez a test egyensúlyban volna; de a harmadik törvényben körülírt két erő két különböző testre hat, mely testeknek egyike sincs egyensúlyban. Mindig két testtel és két 'működő' erővel van dolgunk és egy-egy erő csak *egy* testre hat. Magában álló erő lehetetlen. Mindig kell, hogy erőpár legyen és mindig van is két egyenlő és ellentett irányú erő. A ló és a teher egységes testként halad, mert a ló izomereje, melylyel a földre hat, a teher ellenállását fölülmulja.

**Átmenet a tömegvonzás törvényére.** — Ha világosan értjük NEWTON három mozgási törvényének jelentését, könnyű áttérnünk az ő vonzási törvényére. De nem szabad gondolnunk, hogy a mozgási törvények külön-külön érvényesülnek, hanem mindhárom együtt és egyidejűleg alkalmazandó. Tekintsük először a Földet a maga pályáján. Gömbünk bizonyos sebességgel kering a Nap körül; ugyanily sebességgel időtlen-időkipig egyenes vonalban haladna tova a világűrben, ha valamely eltérítő erő irányából ki nem mozdítaná. A mozgásnak e változása, vagy az egyenes irányától való eltérés csak az előidéző erővel lehet arányos és maga a változás jelöli meg az erő hatásának irányát; ha tehát van oly erő, melylyel a Nap a Földre hat, szükségképen van épen akkora és ellenkező irányú erő is, melylyel a Föld a Napra hat; mert a hatás egyenlő az ellenhatással.

Hasonlóképen állunk a többi bolygónak a Nap körül való mozgásával; NEWTON okoskodásából és KEPLER törvényein alapuló számításából teljesen kiviláglott, hogy a bolygók mozgásai olyan, a Nap felé irányuló középponti erőtől függenek, melynek erőssége a bolygó távolságának négyzetével fordított arányban áll, úgy hogy kétszer nagyobb távolságban az erő nagysága az előbbinek csak  $\frac{1}{4}$  része. Ezen egyetlen feltevés teljesen megmagyarázza KEPLER mindhárom törvényének értelmét. De lehetséges-e ily erő működését bebizonyítani? Ha ez lehetséges volna, a holdaknak a főbolygók körül való mozgását is a középponti bolygóból kiinduló erő feltételezésével

magyarázhatnók. Ez azt is jelentené, hogy a Hold mi körülöttünk oly erőnek uralma alatt mozog, mely a Föld felé irányul, de melynek nagysága azon mértékben fogy, melyben a Hold és a Föld középpontja között levő távolság négyzete nő. Lehetséges-e, hogy a közönséges nehézségi erő, melynek engedelmességgel hull a kő és az alma, oly természetű erő, minőről épen most szoltunk? Miért vonzana csak közönséges, kezünk ügyében lévő tárgyakat? Miért ne terjedne e titokzatos erő birodalma a Holdig? Ezt a problémát számításokkal megoldani: ez volt NEWTON-nak legközelebbi feladata.

**A Föld vonzása tartja meg a Holdat pályájában.** — Ha a nehézség okozza, hogy a fáról leesik az alma, a földre zuhan a meglőtt madár és a felhőből szakad a jégeső, bizonyosan lehetséges — úgy gondolkozott NEWTON — hogy a Holdat is visszatartja pályájában, folyvást a Föld felé hajlítva útirányát. Ha így van, a Holdnak folytonosan le kell esnie az egyenes vonal irányából, melyet akkor követne, ha a középponti erő nem működne. Az erő azzal a helyváltozással mérhető, melyet előidéz. A Föld felszínén, a vonzás középpontjától 6370 kilométernyire az eső test az első másodperc alatt 4·89 méternyi utat tesz. De Holdunk 384,000 kilométernyire, vagyis 60-szor oly messze van. Ezért a Hold, ha ugyanaz a vonzó erő hat rá, mely azonban a távolság négyzetével fordított arányban fogy, esésében az egyenes vonaltól

$$\frac{4\cdot89}{60 \times 60} = 0\cdot00136$$

méternyit esik, a mi alig több 1 milliméternél. NEWTON kiszámította, hogy a Hold a pályájához húzott érintőtől egy másodperc alatt tényleg mennyivel tér el és pontosan ugyanakkora értéket talált (1·36 mm. L. 259. lap). Ekkép a vonzás törvénye közvetlenül bebizonyult a Holdra, NEWTON további munkálkodása pedig bebizonyította, hogy e törvény épen oly jól magyarázza Jupiter holdjainak főbolygójuk, a Földnek és valamennyi bolygónak pedig a Nap körül való mozgását is. Csakugyan úgy találta, hogy a működő erő mindezen esetekben a két test tömegének szorzatával egyenes, távolságuk négyzetével pedig fordított arányban van.

**A vonzás törvénye a bolygókra is kiterjed.** — NEWTON a maga törvényét azért, mert a Holdnak a Föld körül való mozgását megmagyarázta, még korántsem tekintette végleg megállapítottnak. Ha ez a törvény egyetemes, ép oly teljesen meg kell magyaráznia a naprendszer valamennyi ismert testének mozgását is. Minthogy a bolygók ép úgy keringenek a Nap körül, mint a Hold a Föld körül, a Nap felé húzó erő folytonos behatásának kell kitéve lenniök. Vajjon nem a tömegvonzás-e ez az erő? Gondoljunk KEPLER harmadik törvényére. NEWTON-nak e törvényen alapult számításai bebizonyították, hogy a bolygók másodpercenként oly tereken át esnek a Nap felé, melyek pontosan a Naptól való távolságuk négyzetével fordítva arányosak. Továbbá KEPLER második törvénye szerint, ha a vonzóerő a Napból indul ki, a bolygó vezérsugara egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol. Másfelől azonban a területek e törvénye nem állhat meg, ha a vonzóerő középpontja bárhol egyebütt van, mint a Nap irányában. Ekkép KEPLER második törvényéből kitűnik, hogy a bolygókra ható vonzóerő a Nap felé irányul. Hogyan lehetne ezek után még kétséges, hogy ez az erő a Napnak saját tömegvonzása? Minél tágabb körre terjedtek a NEWTON megkezdette kutatások, annál meglepőbbben igazolták az ő elméletét. Történelmi egymásutánban előadva, KEPLER három törvénye a bolygómozgás pusztá tényét fejezte ki és az alapot szolgáltatva, melyre NEWTON az egyetemes tömegvonzás törvényét felépíthette. De a mint ez az egyetemes törvény meg volt állapítva, azonnal kiderült, hogy KEPLER törvényei a NEWTON törvényéből közvetlenül következnek és csupán speciális esetei az általános tételnek.



264. ábra.

Görbepályájú mozgás előidézése.

**Görbevonalú mozgás középponti vonzó erő következtében.** — Könnyen szerkeszthető készülékkel utánozhatjuk valamely középponti vonzó erő hatása következtében kúpszeletiben mozgó testnek a pályáját, melynek képe így emlékezetünkben is könnyen megmarad. Négy vagy öt decziméter átmérőjű üveglapot, melynek középső nyílásán nagy elektromágnesnek kúp alakú sarka nyúlik ki, gondosan szinthezzünk. A lap felső fel-

színét egyenletesen bevonjuk lámpakorommal. Az áramkör zárása után a kísérletezés megkezdődhetik. Az üveglapra, a mágnessarktól kissé oldalt czélozva, ismételten és különböző sebességekkel aczélból csiszolt kis kerékpár golyót vetünk. Legczélszerűbb, ha a golyót az üveglap síkjában levő jókora üvegszöből kifújuk. A golyó nyomot hagy a lemezen, mint ábránkon látható, és a pálya alakja tisztán a kezdősebességtől függ. Ha csekély a sebesség, majdnem tökéletes ellipszist kapunk, melynek egyik gyújtópontját a mágnessark foglalja el; a golyónak a koromhoz való surlódása csökkenti a sebességet, úgy, hogy egy keringés végeztével a vonzó erő közép-



Országos 265. ábra. Könyvtár  
Kísérletileg előidézett pályák.

pontja a golyót valószínűleg magához húzza. Nagyobb sebesség parabolát eredményez, melynek alakját az elkerülhetetlen sebességcsökkenés szintén némileg módosítja; és még nagyobb kezdősebességnek eredménye a két *C* és *D* hiperbola. Ezt az elmés kísérletet Wood eszelte ki.<sup>1</sup> A görbék igazi alakja a 433. lapon látható.

**Kölcsönös vonzások.** — Még egy lépés volt hátra: alkalmazni kellett NEWTON harmadik mozgási törvényét a Napra, Holdra és a bolygókra. Ez a törvény kimondja, hogy valahányszor valamely test más testre bizonyos erővel hat, a második test az elsőre ugyanakkora erővel ellenkező irányban visszahat. A Föld nem vonzhatja a Holdat a nélkül, hogy a Hold

<sup>1</sup> Már Müller „Kosmische Physik“ című tankönyve is említ hasonló készüléket.

viszont ne vonzza ellenkező irányban a Földet ugyanakkora erővel, és ha a Nap vonzza a Földet, a Föld hasonlóan hat a Napra. Szintúgy a bolygók szükségkép egymást is vonzzák és ennek következtében a Nap körül való mozgásukat a mozgás második törvényének értelmében kölcsönösen zavarják. KEPLER törvényei tehát némi módosulásra szorulnak, hogy a kölcsönös vonzás tényleg fenforgó esetére alkalmazhatók legyenek. De a megfigyelésekből már ismeretes volt, hogy a bolygók a Nap körül való keringésökben csekély mértékben eltérnek KEPLER törvényeitől. Az a kérdés merült fel tehát, hogy a valósággal megfigyelt eltérések teljes szabatsósággal megfelelnek-e a bolygóknak egymásra ható és számítással meghatározható vonzásának. NEWTON nem tudott e kérdésre végérvényesen megfelelni, mert az ő idejében a matematika még nem volt eléggé fejlett; de azóta a Hold és a bolygók mindinkább szabatosabb megfigyeléseit újra és újra e testek mozgásainak amaz elméletével hasonlították össze, mely az újkori felső matematika ségedeszközeivel fejtegetett NEWTON-féle egytetemes vonzási törvényen alapul, s ekkép sikerült e törvényt tökéletesen és véglegesen megállapítani. Lényegében a bolygórendszerben végbemenő minden mozgásról számot tudunk adni. És váratlan diadalmas igazolásra tett szert a törvény 1846-ban a Neptunus felfedezésével, mert ekkor bebizonyult, hogy a kölcsönös vonzás törvénye nemcsak az ismert testek mozgásait magyarázhatja meg, hanem ismeretlen bolygóra is rámutathat a háborgások alapján, melyeket ez ismeretes szomszédjának mozgásában okoz.

**A Föld és a Hold közös tömegközéppontjuk körül forog.** — Mondottuk, hogy a Hold a Föld körül kering. Ez az állítás módosítandó és magyarázatra szorul. Szorosan véve nem a Föld, hanem oly pont körül kering a Hold, mely az egy rendszernek vagy egységnek vett Földnek és Holdnak közös tömegközéppontja. És minthogy a Hold ép annyira vonzza a Földet, mint ez amazt, Földünk középpontjának szintén e közös pont körül kell keringenie.

Vágjunk ki kártyapapírosból olyan alakot, mint a melyet itt rajzban bemutatunk; hogy milyen nagy legyen, az nem lényeges. A tömegközéppont (súlypont) valahol a két koron-

got összekötő vonalban lesz és kísérletileg könnyen megtalálható, csak azt a pontot kell keresni, hol az alak a tengelyül szolgáló átszúrt tű körül egyensúlyban van, azaz a nehézség nem törekedik forgó mozgást előidézni. Ez a pont lesz a tömegközéppont. Körülötte mint középpont körül írjunk le két kört, melyek közül az egyik a nagy, és a másik a kis korong középpontján halad át. A súlyponton czeruzát, vagy tollszárt szúrva át, körülpenderítjük a készüléket, vagy a levegőbe hajítjuk, hogy



266. ábra.

A Föld súlypontjának mozgása.

vízszintesen a padlóra estében körülforogjon. Az imént rajzolt körök ekkor a Föld és a Hold középpontjainak a világtérben tényleg megfutott pályáit képviselik. Hogy megtudjuk, vajjon a Föld belsejében hol van a Föld és Hold rendszerének tömegközéppontja, szem előtt kell tartanunk, hogy bolygónknak tömege 81-szer nagyobb, mint a Holdé. Ezért a Hold középpontja 81-szer nagyobb távolságban van a rendszer tömegközéppontjától, mint a Föld középpontja. Végeredményben a közös tömegközéppont helye lengésszerű mozgást végez, de mindig a Földön belül marad és körülbelül 1700 kilométernyire van ama földfelszíni hely alatt, melynek zenitjében a Hold áll.

Hogy a Föld havonkint valóban befutja körülbelül 9370 kilométer átmérőjű pályáját a közös tömegközéppont körül, oly tény, melyet bőséges megfigyelési adatok minduntalan igazolnak.

**Az egytetemes tömegvonzás Newton-féle törvénye.** — Ha az a vonzás, melylyel a Föld mindennapi tárgyakra hat, és melyet mi nehézségnek nevezünk, a Holdra is kiterjed; ha ugyan-ezen erő a középponti test nagyobb tömegének arányában hatalmasabb módon igazgatja Jupiter holdjait pályáikban; ha ugyanazon vonzás, a Napnak még sokkal nagyobb tömege miatt még ezerszer és néhányszor fokozva az égi test körül visszatartja az összes keringő bolygókat: vajjon nem terjedhet-e ki a csillagokra is? De ez utóbbiak oly távol vannak, hogy a Nap vonzásának a távolság négyzetének arányában való, nagyon tetemes csökkenése következtében ez az erő már oly csekély, hogy évezredek folyamában sem képes a csillagok mozgásán észrevehető változást előidézni. Azonban távcsővel végzett megfigyelések nyomán tudjuk, hogy bizonyos nagytömegű, egymáshoz aránylag közellező csillagok mozgásai megerősítik NEWTON törvényét. Nincs tehát okunk kétségbevonni, hogy e törvény uralma az egész mindenségben általános. Ha a mérhetetlen nagyról átme gyünk a véghetetlen kicsinyre, az anyagot újra és újra és, a míg csak lehetséges, mindig kisebb részekre osztva, minden apró részecskének megvan még a saját tömege, vonzó erővel is kell tehát bírnia. Ezért a nehézség<sup>1</sup> minden anyagrészecskét a Föld felé húz és viszont, a harmadik mozgási törvény értelmében minden részecske is épen

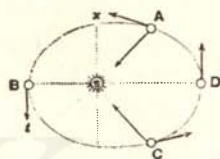
<sup>1</sup> A szövegben váltva található „vonzás“ és „nehézség“, melyet az angol nem szokott szigorúan megkülönböztetni, nem azonos fogalmak. A nyugvó Föld, bolygó vagy Nap oly erővel vonz minden kívülre lévő pontot, mely majdnem a középpontján megy át és mely a Newton-féle törvényt követi. Mihelyt az égi test tengelye körül is forog, a különben ható vonzáshoz járul a forgásszülte középpontfutó erő és a két erő eredőjét, azon erőt tehát, melyet közvetlenül megfigyelhetünk a testek esésében és alapjukra való nyomásuk folytán, nehézségnek nevezünk. De a nehézség kifejezését is szigorúan csak légüres térre szabad értenünk; levegőben vagy más közegben a test súlyáról szólunk, a mely a nehézségnek és a közeg felhajtó erejének eredője. A léghajónak van nehézsége, de súlya azon légrétegben, melyben lebeg, nulla. A nehézség tehát a test súlya légüres térben.

oly mértékben vonzza a Földet. Így például a Föld és a Hold kölcsönös vonzása valójában a mindkét testet alkotó részecskék vonzásának összege. Tehát az egyszerű, de mindent felölelő törvény végleges fogalmazása egész általánosságban ekkép hangzik: *A világegyetem minden anyagi részecskéje minden más részecskét oly erővel vonz, mely tömegök szorzatával egyenes, és a két tömegrészecske kölcsönös távolságának négyzetével fordított arányban van.*

**Görbevonalú mozgás: hajtóerőre nincs szükség.** — NEWTON elmélete egyszerűen ennyit mond: Megengedve, hogy a bolygókat és holdjaikat kezdetben valamely ok mozgásra indította (miképp történt ez, most nem érdekel bennünket), a tömegvonzás, mely a Nap és valamennyi bolygó, másfelől minden egyes bolygó és holdjai között fennáll, teljesen megmagyarázza a pályák görbült alakját és a pályákban való mozgásokat. Feltehetjük, hogy a mozgási állapotot eredetileg valamely hajtó erő kényszerítette e testekre, vagy, hogy jelenlegi mozgásuk megmérhetetlen ősidőből származó örökség, mely idő alatt a naprendszer a természettörvények működésével összhangban az eredeti szoláris világködből fejlődött. De mihelyt egyszer már mozog a bolygó, NEWTON' elmélete teljesen elegendő annak kimutatására, hogy nincsen hajtó, vagy másféle erő, mely a bolygókat előre taszítja, és hogy a mozgás fentartása céljából ilyen erő hatására semmi szükség nincs. A bolygót, a mint bizonyos sebességgel megindult, a tömegvonzás szakadatlan működése a középponti test körül folytonosan mozgatja. Ha például valamely bolygó ellipszisalakú pályája egyik részében eltávozik a Naptól, ez ismét visszahúzza magához; később megint eltávozhatik, de újból vissza kell térnie; a napközel a naptávollal örökké váltakozik. A tömegvonzás' magában is tökéletesen és teljesen megmagyaráz minden ismert és megfigyelt mozgást.

**Miért nem hull a Föld a Napba?** — Az ellipszis kerületének több pontjához érintőket húzunk, hogy látható legyen az irány, mely felé a Föld bármely pontban tart. Az érintési pontokból vonalokat húzunk a Naptól elfoglalt gyújtópont felé, ekkép jelölve az irányt, melyben a vonzás hat. Szembetűnő, hogy a bolygó sohasem mozog közvetlenül a Nap felé,

hanem mindig oly irányban, mely a vezérsugárral igen nagy szöget alkot, legnagyobb, azaz derékszöget *B* napközben és *D* naptávolban. Itt a Nap a mozgást sem nem gyorsíthatja, sem nem késleltetheti. KEPLER második törvénye értelmében a pályabeli sebesség a naptávtól a napközéig folyvást növekedik, mert a vonzásnak iránya, mint *A* pontban, a mozgásával hegyes szöget alkot. Ezért mindaddig, míg a Föld nem ért a napközébe, mozgása mindinkább gyorsuló. Mikor odaér, sebessége a lehető legnagyobb, mert a Nap, a mióta a bolygó elhagyta a naptávtól, nyilván mindig gyorsítólag hatott mozgására. A Nap vonzása szintén növekedett, még pedig pontosan azon mértékben, melyben a bolygó távolságának négyzete fogyott. Ha kiszámítjuk e két hatás



267. ábra.

A Föld nem halad egyenesen a Nap felé.

viszonyát a napközben, úgy találjuk, hogy a sebesség hatása nagyobb mértékben igyekszik a Földet távolítani, mint a milyenben a nagyobbodott vonzás közelíteni tudja; bolygónk tehát kénytelen a Naphoz legközelebb levő helyzetén gyorsan áthaladni és ismét a naptávtól felé térni. Mikor a legtávolabbi pontot eléri, a két hatás viszonya épen az ellenkezőbe csap át; a sebesség a napközeltől kezdve az egész úton csökkent, mert a vonzás, mint *C* pontban, a mozgás irányával tompa szöget alkot. A Föld mozgása az egész idő alatt lassul, mert a vonzás visszatartja, míg végtére a naptávtól annyira csökken a sebessége, hogy ezt a Napnak meggyengült vonzása is legyőzi, miért is a Nap a Földet ismét a napközé felé kezdi terelni. Ekkép valamennyi bolygó folytonosan meg van óva 1. attól, hogy a Napba beleessék, 2. attól, hogy mindörökké elhagyhassa a Nap vonzásának határát. Oly helyeken, hol első tekintetre e két katasztrófa mindegyike leghamarább bekövetkezhetnék, a bolygónak mozgásiránya mindig épen derékszöget alkot a vonzó erővel; ily módon biztosított az a pályagörbülés, mely szükséges, hogy a bolygó jobban eltávozzék a Naptól az egyik, és hozzá ismét közelebb kerüljön a másik esetben.

**A Nap vonzásának ereje.** — Kifejtettük a 150. lapon, hogy a Nap vonzása a Földet, mialatt  $29\frac{3}{4}$  kilométernyi utat

tesz, a teljesen egyenes iránytól alig 3 milliméternyire téríti el. Úgy látszhatnék tehát, hogy a Napnak ereje nem valami szerfölött nagy. De ha kiszámítjuk az erőt, és mint oly feszültséget fejezzük ki, melyet a közönséges aczél kiállhat, úgy találjuk, hogy kölcsönös vonzásuk helyettesítésére a most említett anyagból 4800 kilométer átmérőjű rúd, vagy henger kellene a Nap és Föld összetartására. Vagy ha merev rúd helyett vastag telegráfdrótot használnánk a vonzó erő pótlására, a Földnek egész, a Nap felé fordított féltekéjéhez kellene e drótokat illeszteni, sűrűen, hogy minden négyzetdecziméterre 16 ily drót jutna. De, hogy miért szükséges oly szivós anyagból, milyen az aczél, olyan roppant mennyiséget használni, azonnal megértjük, ha eszünkbe jut, hogy a Föld súlya 6000 trillió tonna, a Napé pedig még több, mint 330,000-szer akkora; és a feszültség, mely köztük létrejő, a Nap és a Föld kölcsönös vonzásával egyenlő. Úgy kell képzelnünk, hogy a tömegvonzás a naprendszer alkotó valamennyi test között, ha párosával tekintjük, ily természetű feszültségeket idéz elő; bármely bolygó-pár tagjai között a feszültség egyenesen arányos tömegök szorzatával és fordítva arányosan változik a testpár kölcsönös távolságának négyzetével. A Nap erősen háborgatja a Hold elliptikus mozgását, sőt Vénus, Mars és Jupiter hasonló hatása is észrevehető.

**Mi a tömegvonzás?** — Jól meg kell különböztetnünk a nehézséget a tömegvonzástól (gravitatio). A 88. lapon kifejtettük, hogy a nehézség a sarkoktól kezdve az egyenlítő felé fogy, mert 1. a Föld forgása következtében középpontfutó erő támad, 2. a Föld a sarkok táján lapult, miért is az egyenlítőnek minden pontja a középponttól messzebb van, mint a sarkok. A Földnek így kisebbített vonzását nevezzük nehézségnek. Másfelől a tömegvonzás szóval azt a kozmikus, a Newton-féle törvénynek hódoló vonzást fejezzük ki, mely a mindenség valamennyi teste között, páronként tekintve fellép, és csupán az illető pár tömegének szorzatától és a közöttük lévő távolságtól függ. Tévedés volna mondanunk, hogy NEWTON volt a nehézségnek vagy tömegvonzásnak felfedezője; ép oly joggal azt is mondhatnók, hogy FRANKLIN BENJAMIN fedezte fel a villámot. Az emberek mindenkor látták és tudták, hogy a testeket

valamely erő lefelé vonzza; úgyszintén a legrégebb idő óta felismerték a testekben a súlynak [nevezett tulajdonságot. De NEWTON műve abban állt, hogy a tömegvonzás egyetemességét és bármely két test között fellépő hatásának törvényét fedezte fel, melynek értelmében e hatásnak alá van vetve nemcsak minden közönséges tárgy a Föld felületén, hanem a Hold is, mely a Föld körül kering és minden bolygó és üstökös, mely a Nap körül mozog. Ez a sarkalatos felfedezés a legnagyobb és legnagyobb csillagászat történetében. De bármily nagyszerű is, még nem végleges; mert NEWTON nem fedezte fel, nem is foglalkozott annak kutatásával, hogy mi a tömegvonzás. Sőt ezt még most sem tudja senki. Csak annyit tudunk, hogy az erő nagy és kis távolságokon át egyaránt egy pillanat alatt hat és NEWTON törvényének mindenkor eleget tesz; és semmiféle ismert anyag két test közé helyezve, e kettőnek egymás felé irányuló vonzó hatását nem gátolhatja meg. Mily módon lehetséges a távolhatás minden érintkezés és kapcsolat nélkül, az eddig ki nem fürkészett titok.

**Hold kísérte bolygó tömege.** — Ha valamely bolygónak holdja is van, könnyű tömegét, vagy a benne foglalt anyag mennyiségét a naptömeg egységeiben kifejezni. E végett ismerni kell a hold és a bolygó között levő középtávolságot, továbbá a hold keringési idejét. Ha bármely bolygónak a Naptól való középtávolságát köbre emeljük és e számot a keringési idő négyzetével osztjuk, KEPLER harmadik törvénye értelmében mindig ugyanazt a hányadost kell kapnunk. Tegyük épen úgy Saturnussal és valamely holdjával; osszuk el a kettő kölcsönös távolságának köbét a keringési idő négyzetével: ugyanazt a hányadost kell kapnunk, ha bármelyik holdat választjuk, feltéve, hogy a távolság és a keringési idő helyesen van meghatározva. Ugyanígy járjunk el más bolygók, Mars, Jupiter, Uranus és Neptunus holdjaival. Mindezen esetekben a hányadosok a középponti bolygóknak a Napra, mint egységre vonatkoztatott tömegeivel arányosak; Saturnust tekintve például, a bármely holdjának megfelelő hányados  $\frac{1}{3051}$  része a Napra és valamely bolygóra vonatkozó hányadosnak. Ebből következik, hogy a Nap 3051-szer nagyobb tömegű, mint Saturnus, a hogy ifjabb HALL A. is mérte. Hasonló módon

határozható meg bármely más bolygónak tömege, melyet hold kísér. Nem szükséges a holdnak tömegét ismerni, mert itt egyszerűen az eső test elve jó tekintetbe; már pedig tudjuk a földfelszíni esésből, hogy 100 vagy 1000 kilogrammnyi test nem esik gyorsabban, mint a 10 kilogramm súlyú. Ugyanazon módszerrel mérhetjük az ikeresillagok tömegét, ha kölesönös távolságukat és keringési idejüket ismerjük (XVI. fejj.).

**Holdnélküli bolygó tömege.** — Ez már sokkal nehezebb feladat; szerencsére csak két, hold nélkül való bolygót ismerünk, Merkurt és Vénust. Ezek tömegét csak úgy határozhatjuk meg, ha megtudjuk, hogy a közelükben levő más testek mozgásában milyen háborgásokat idéznek elő. Így például Vénus tömegét azon eltérítés segítségével határozzuk meg, melyet a Föld mozgásában okoz. Merkur tömegét abból a zavaró hatásból kapjuk, melyet a hozzá gyakran igen közel jutó *Encke*-féle üstökösön előidéző. NEWTON tömegvonzási törvénye szolgál a bonyolódott számítások alapjául, melyekkel a bolygó tömege ily esetekben meghatározható. De az eredményt csak hosszadalmas számműveletek útján kaphatjuk meg s pontossága sohasem kétségtelen. Sokkal szabatosabb és közvetlenebb módszer, ha a bolygó tömegét holdja segítségével határozzuk meg.

A két módszer roppant különbsége 1877-ben tünt ki igazán a washingtoni *Naval Observatory*-ban, kevéssel a Mars-holdak felfedezése után. E bolygónak tömegét a Földre való zavaró hatása alapján becsülték meg, de az érték korántsem volt pontos, noha sok évi megfigyelések feldolgozása, s több hónapig tartó számítgatás útján kapták. Csak kilencz nap telt el a holdak első megpillantása után, s a valósághoz közeljáró érték már félórai munkával volt kiszámítható.

**A Nap tömegének meghatározása.** — A bolygók tömegének mérésekor a Nap az egység. Legközelebbi kutatásunk tárgya tehát, hogy mekkora a Nap tömege, hányszorosan mulja fölül a Földét? Nyilván a vonzás törvénye adja meg a feleletet e kérdésre, ha a Nap vonzását összehasonlítjuk azzal, melyet a Föld ugyanakkora távolságból végez. A Föld felszínén az eső test útja az első másodperc alatt 4·9 méter. Képzeljük a Nap tömegét akkora gömbben központosítva, a

milyen a Föld, és keressük most, mekkora az eső test útja az első másodperc alatt? Először is jusson eszünkbe, mekkorát esik a Föld a Nap felé (azaz mennyire tér el az egyenes vonaltól) egy másodperc alatt: úgy találtuk, hogy ez eltérés 2,96 milliméter (l. 150. lapon). Ezt az eltérést a Nap 149,5 millió kilométer távolságból végzi. De most azt óhajtjuk tudni, mekkorát esnék a Föld egy másodperc alatt, ha csak 6370 kilométernyire volna a Nap középpontjától, azaz ehhez 23,470-szer közelebb. Nyilvánvaló, hogy a vonzásnak a távolság négyzete arányában való csökkenése következtében  $0,00296 \times (23,470)^2 \text{ m} = 1630$  kilométernyi utat tenne. De láttuk, hogy a Föld tömegének behatása alatt 4,9 méternyit esik a test egy másodperc alatt; tehát a Nap tömege körülbelül 332,000-szer akkora, mint a Földé.

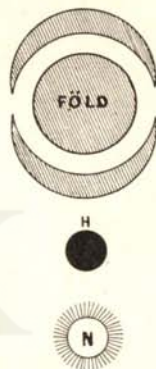
### A tömegvonzás megmagyarázza a tengerjárást.

— A vonzási törvény értelmében a Hold és Föld vonzása kölcsönös; a Hold ép úgy vonzza a Földet, mint a Föld a Holdat. Tehát a Földet is a Hold körül keringőnek tekinthetjük (414. lap). Ezért a Föld a Hold felé is

esik, valamint a Hold, a míg körüljárja a Földet, folyvást kitér az egyenesből, melyben akkor mozogna, ha a vonzás nem működne. Képzeljük a Földet három részből állónak (lásd rajzunkat), mely egymástól függetlenül mozoghat: (a) a Hold felé forduló oldal víztömege, (b) maga a szilárd földgömb, (c) a Holdtól elfordult oldal víztömege. E három külön test mindegyike, a Hold vagy Nap körül járva e test felé esik s az egyik nagyobb, a másik kisebb utat jár be estében a szerint, a milyen távolságra van a Naptól vagy Holdtól. Így az átellenes oldal víztömege legkisebb, a másik oldalé legnagyobb, a Föld maga közepes nagyságú utat tesz. Ennek csak az lehetne az eredménye, hogy a víz a Földtől, mind a Holdhoz közelebb, mind a tőle távolabb levő oldalon külön-

A nadir-áradat víze

A zenit-áradat víze

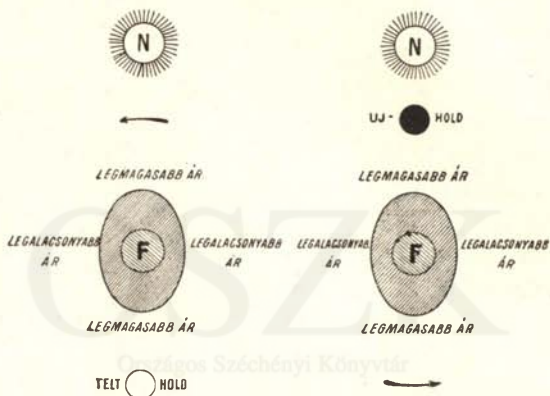


268. ábra.

Zenit- és nadir-dagály magyarázata.

válnék. De minthogy a valóságban a Föld és az őt borító víztömegek nem egészen függetlenek egymástól, hanem egymáshoz képest csak részben mozoghatnak szabadon, a tényleges különválás helyett mindkét átellenes oldalon dagály-hullám keletkezik, melyet zenit- és nadir-hullám néven már ismerünk.

**A Nap okozta tengerjárás.** — Mellékbolygónkon kívül még csak *egy* testnek jut szerepe a földi vizek ár-apályának létrehozásában, s ez a Nap. NEWTON kimutatta, hogy a tengerjárást előidéző erő arányos ama vonzások különbségével, melyekkel az ár-apályt okozó test a Föld két átellenes oldalára



269. ábra.

Magas ár holdtöltekor.

270. ábra.

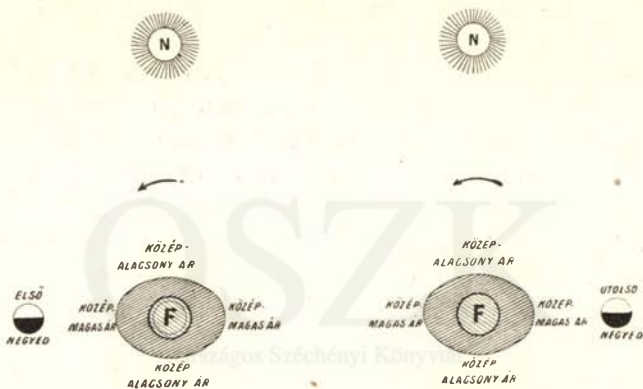
Magas ár újholdkor.

hat. Kimutatta továbbá, hogy ez erőnek nagysága a tengerjárást okozó test távolságának köbével fordított arányban van, tehát csak kis része az egész vonzásnak, miért is a Hold sokkal nagyobb ár-apályt okoz, mint a Nap. Hogy kiszámolhassuk, mennyivel nagyobbat, tekintsük először pusztán a tömegek hatását. Egyenlő távolságok mellett a Nap hatása  $26\frac{1}{2}$  milliószor akkora volna, mint a Holdé, mert tömege  $81 \times 332,000$ -szer nagyobb. De a Nap távolsága is 390-szer nagyobb a Holdénál, és ezért

$$\frac{26\frac{1}{2} \text{ millió}}{390^3}$$

vagy körülbelül 2 : 5 fejezi ki a Nap és a Hold okozta tengerjárás arányát.

**A Nap és a Hold egyesült hatása a tengerjárásra.** — Minthogy mindkét égi test egyidőben a Föld innenső és hátsó oldalán okoz tengerjárást, nyilvánvaló dolog, hogy újholdkor és holdtöltekor igen magas hullámok keletkeznek, mert akkor a Föld a Holddal és a Nappal egy vonalban van. Ez a szökő-ár (*springtide* vagy magas tengerjárás), mely — mint rajzunkból látható — minden holdváltozás folyamában kétszer áll be. Hasonlóképp magyarázható a kisebb hullámok képződése, a vak-ár (*neaptide*) a Hold első és harmadik negyede alkalmával. Ekkor a Nap nem hogy támogatná a Hold hatását, hanem



271. ábra.

272. ábra.

Alacsony ár első holdnegyedkor. Alacsony ár utolsó holdnegyedkor.

lerontja; tehát az ebből eredő gyenge tengerjárást nem a két égi test vonzásának összege, hanem különbsége támasztja. Rajzunkból a Nap, Hold és Föld kölcsönös helyzete ily tengerjárás előidézésekor megérthető. Ha a Nap- és Holdnak csak középtávolságait vesszük figyelembe, a szökő-ár hulláma a vak-áréhoz körülbelül úgy aránylik, mint 7 : 3. Általánosságban az egész Földön a legmagasabb és legalacsonyabb tengerjárásnak akkor kell bekövetkeznie, mikor a Nap és a Hold legközelebb van a Földhöz, azaz, a mikor akár újhold, akár holdtölte a naptári év kezdetén a földközépre esik. A tengerjárás teljes elmélete csak a felső matematikával magyarázható. De a tömegvonzás törvénye más fizikai törvényekkel kapcsolatban teljesen beszámol a megfigyelt tényekről, úgy,

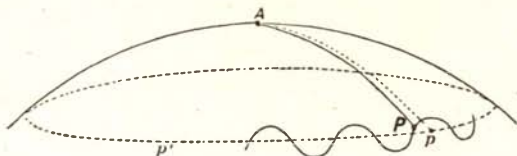
hogy a tengerjárás az egyetemes tömegvonzás bizonyítékainak még egy láncszemét alkotja.

**A praecessio oka.** — A VI. fejezetben már leírtuk és fejtegettük a napéjegyenlőségi pontok hátrálását és ennek hatását a csillagok látszó helyzetére. A Föld egyenlítőjének e lassú mozgása a Nap- és Holdnak a Föld egyenlítői dudorodására való vonzásából ered, mely az ugyanott fellépő középpontfutó erő hatásával összetevődik. Minthogy az egyenlítő az ekliptikához hajlik, ezen vonzás egészben véve arra törekszik, hogy az egyenlítői gyűrűt magába az ekliptika síkjába húzza. De ezt megakadályozza a Földnek tengelyforgása és az eredmény igen lassú pörgettyű-mozgás, mely a vonzó erő irányára merőleges és könnyen bemutatható kísérletileg is, ha a gyroskóp külső gyűrűjéhez kis súlyt erősítünk.<sup>1</sup> Három ok hat közre a praecessio jelenségének előidézésében: ha a Föld tökéletes gömb volna, vagy egyenlítőjének síkja a Nap körül leírt pályájával (és a Hold pályájával) egybeesnék, vagy tengelye körül nem forogna, praecessio nem volna lehetséges. A praecessiót előidéző erők hatása teljesen olyan, mint a tengerjárás szülő-oka; épen azért a Naptól származó praecessió mozgás körülbelül csak két ötször oly gyors, mint az, melyet a Hold okoz. A bolygók csekély vonzása is praecessiót idéz elő, mely a Nap és a Hold által támasztott-nak  $\frac{1}{450}$  része.

**A földtengely nutatioja.** — A nutatio a Föld sarkainak északi és déli irányban való csekély időszakos lengése, melynek következtében a csillagok elhajlása néhány ívmásodpercczel megváltozik. Földünk tengelye, mialatt az ekliptika  $A$  sarkát a praecessio következtében leírt kör mentében körüljárja, csekély keresztregzéseket végez, mint rajzunkon látható; így a tényleges mozgás nem az  $A$  pont, mint sark körül leírt kisebb  $pp'$  kör mentén történik, hanem az ábrában feltüntetett hullámvonalban. A Föld sarka csak bizonyos meghatá-

<sup>1</sup> A gyroskóp lényegében pörgettyű szerkezet. A kísérlet bármely papir- vagy fakoronggal végezhető, melyen tengely gyanánt kötötűt tűzünk át. Ha ennek közelébe mágnest tartunk, a függőlegesen állt pörgettyű lehajlik, tengelye kúppalástot ír le és az egyenlítőt ábrázoló korong metzési vonala az ekliptikát képviselő asztallapon tovasiklik. R.

rozott időben foglalja el a  $P$  pontot. A tengelynek e bólogató mozgását és a praecessio körének ebből eredő hullámosságát nutatiónak nevezzük. A Hold okozta nutatio egy keresztrezgésének időtartama  $18\frac{3}{5}$  esztendő, úgy hogy az egész kör mentében képződő hullámok száma aránytalanul nagyobb, mint rajzunkban. A valóságban mintegy 1400 ily hullám van. Valamint az égi egyenlítő a praecessio következtében 25,900 esztendő alatt egyszer siklik körül az ekliptikán, úgy a Hold



273. ábra.

Az égi sark nutatiós mozgása.

pályája is  $18\frac{3}{5}$  év alatt csúszik végig rajta, miáltal csekély irányváltozás áll be a Holdnak Földünk egyenlítői dudorodására való vonzásában, és épen ez okozza a nutatiót.

Midőn NEWTON-nak sikerült bebizonyítania, hogy az egyetemes tömegvonzás törvénye megfejtí a mellékbolygókna a főbolygók körül és ezeknek a Nap körül való mozgását, a tenger vízének emelkedését és apadását és a csillagoknak a praecessio és nutatio okozta látszó helyzetváltozását, az ő elmélete mellett tanuskodó tények erejének már nem lehetett ellenállni és azóta valamennyi égi mozgás igaz magyarázatául el is fogadták.

## XV. FEJEZET.

### ÜSTÖKÖSÖK ÉS HULLÓCSILLAGOK.

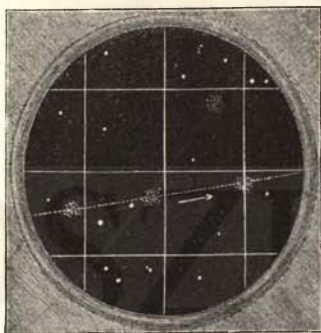
A nagyon távoli hajdankor népei az üstökösben, valamint az égboltozat más szokatlan jelenségeiben az istenségek haragjának kifejezését látták. „A haragvó Istentől küldött tűzgolyók“ megjelenését századokon át „csodáknak és jeleknek“ tekintették, mindennemű csapás előhirdetőjének. Úgy hitték, hogy NERO bukását üstökös jelezte és századokon át a legsötétebb babonával nézték ez égi testeket.

**Az üstökösök helyes elmélete nem új.** — Az eget vizsgáló chaldeusokon kívül alig találunk az egész ó-korban nemzetet, mely az üstökösökben csak a világűr értelmetlen vándorait látta volna. Az ókori filozófusok közül csupán PYTHAGORAS iskolájának hívei emelkedtek arra az általános felfogásra, hogy az üstökösök állandó törvényeknek hódoló testek lehetnek s talán határozott időközökben visszatérnek.

SENECA is ebben a nézetben volt és VESPASIANUS császár igyekezett a nép babonáját nevetségessé tenni. De abban az időben az élesebben látók nyilatkozatai alig hatottak a csökönyös tudatlansággal telt világra. Néhány régi hitszónok hirdette, hogy az üstökösök a halandók bűneiből képződnek, melyek ég felé emelkednek és így jutnak Isten tudomására, ki haragjában tüzzel pusztítja el őket. A szentírás szavainak elferdítésével bizonyítékokat gyártottak az üstökösök természetfölötti lényegének kimutatására és tizenhét századon át oly hiedelmeket tartottak fenn, melyek a legrosszabb faj-

tájú fanatizmust táplálták. COPERNICUS természetesen nem volt hajlandó az üstökösökben természetfölötti intőjeleket látni, de a XVI. században baljóslatúságok, mint önként érthető dolog általánosan el volt fogadva. A XVII. század közepe táján virradt fel a jobb belátás hajnala, ámbár még e század vége felé is az üstökösökről akkor ismeretes kevés tény, a mennyire csak lehetett, rejtegették az egyetemi tanulók elől, hogy vallásos meggyőződésüket meg ne ingassák.

Azonban lassankint hitelt talált TYCHO BRAHE és KEPLER állítása, hogy az üstökösök a Holdnál távolabb vannak és



274. ábra.

Az üstökös felfedezése mozgása útján.

talán még sincsenek oly szoros összefüggésben háborúval, pestissel és éhséggel, mint a közhiedelem gondolta. Továbbá NEWTON kimutatta, hogy az üstökösök ép úgy alá vannak vetve törvényszerűségeknek, mint a bolygók; és tekintélye következtében az ő kijelentései meghozták a modern nézetek nappali világosságát.

**Üstökösök felfedezése.** — Az üstökösöket majdnem mindig a csillagok között mutatkozó látszó mozgásuk alapján fedezik fel. Rajzunk egy távcső látómezejét ábrázolja, melyben több éjen át két gyöngfényű égi test volt észrevehető. A felső a csillagok között nem változtatta helyét, de az alsóban üstökösre ismertek, mert a nyíl irányában mozgott és minden következő éjjel tovább, jobbra került. Egy századdal ezelőtt HERSCHEL KAROLINA Angolországban és MESSIER Franciaországban fedezett

fel legtöbb üstököst; a XIX. század első negyedében pedig PONS egymaga harmincz üstököst fedezett fel.

Az európai „üstökösvadászok“ közül a XIX. század közepéből és második feléből különösen BRORSEN, DONATI és TEMPEL érdemel említést. Amerikában SWIFT, BROOKS és BARNARD aratott e téren kiváló sikert. Ők néhány honfitársukkal és külföldi csillagászszal az egész hozzáférhető éjjeli eget gondos távcsövi átfürkészés végett felosztották egymás között, és így nem valószínű, hogy valamely, a Földről egyáltalában látható üstö-



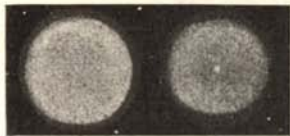
275. ábra.

A Donati-féle üstökös első feltünése 1858-ban.

kös vizsga szemöket kikerülhesse. Az üstökös-keresés vonzó foglalkozás, de feszült figyelmet, ügyességet és sok türelmet kíván. Nagy és költséges műszerek épen nem kellenek hozzá. MESSIER minden üstökösét  $2\frac{1}{2}$  hüvelykes (6 cm.) lencséjű keresőjével kutatta fel és a legtöbb sikerrel dicsekvő üstökösvadásznak, PONS-nak neve, noha ő csak kapusa volt a marseillei csillagvizsgálónak, most nagyobb hírű a csillagászatban, mint akkori igazgatójáié, THULIS-é, a ki őt tanította és kutatásokra ösztönözte.

**Az üstökös képe.** — Az üstökösnek rendszerint három része van. A magva (*nucleus*) fényes, csillaghoz hasonlító pont, mely az üstökösnek veleje; mozgása szempontjából ez

az igazi üstökös. Körülötte terül el az üstök (*coma*), olyan világító ködféle, melybe a mag észrevétlenül megy át. Üstök és mag együttvéve az üstökös fejét alkotja. Ebből nyulik ki a leheletszerű *csóva*, mely messzire kiterjed az ürbe. A laikus rendszerint ezt tekinti az üstökös lényegének, pedig ennek mindig legritkább része. Némelykor hiányzik vagy alig észrevehető, máskor meg több millió kilométer hosszúságú. Rendszerint csak *egy* fénypamatot alkot; de azért már oly üstökösöt is láttak, melynek hat csóvája volt.



276. ábra.

Magnélküli és magvas teleszkópi üstökös.



277. ábra.

HALLEY üstököse (1835-ben).



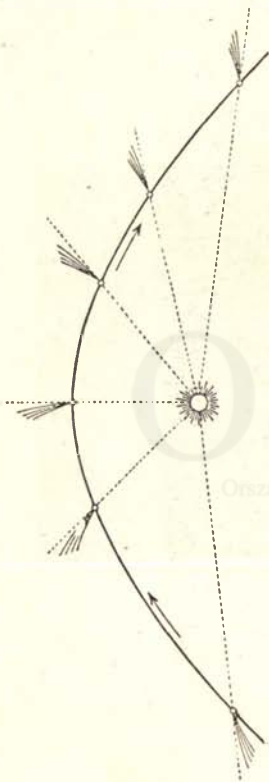
278. ábra.

A Donati-féle üstökös feje (1858-ban).

**Külső változások.** — Midőn az üstökös sebessége a Nap-hoz közeledtében növekedik, egyszersmind erősödik gerjedési állapota — mely valószínűleg elektromos természetű — és ezzel párvonalosan fejlődik és megváltozik fizikai képe. Míg az üstökös a Naptól távol van, csak távcső segítségével látható és megjelenéséről a 276. ábra jó képet ad; de a Naphoz közeledve gyakran magva fejlődik és fényáramlásokat bocsát a Nap felé, melyek némelykor hátra görbülnek, legyezőszerűen szétnyúlnak. Az üstökös ritkán ér el oly fényességet, hogy világos nappal is látható. Az üstök

kinötte után a csóva is kifejlődik és ez a mutatós függelék némelykor bámulatos, majdnem 100 millió kilométernyi hosszúságra is nő és gyakran egy nap alatt is már több millió kilométerrel nagyobbodik.

**A csóva kifejlődése és irányulása.** — Nem épen találó összehasonlítás, ha mondják, hogy a csóva úgy áramlik hátrafelé, a hogy a rakétából a szikrazápor sziporkázik. Nincs ellenálló közeg, melyben a csóva szétterjedhetne, mert a bolygók terében nincsen oly anyag, mint a levegő, mely a csóvát a mozgás irányába terelhetné. Annak magyarázatát, hogy a csóva majdnem mindig a Naptól elfordított irányban hátrafelé konyul, mint rajzunkon látható, abban a körülményben kell keresnünk, hogy a Nap, bár az üstököst vonzza, a csóvát valószínűleg taszítja. Tehát hogy a csóva, a Naphoz közeledve, rohamosan növekedik, a következő módon magyarázhatjuk:



279. ábra.

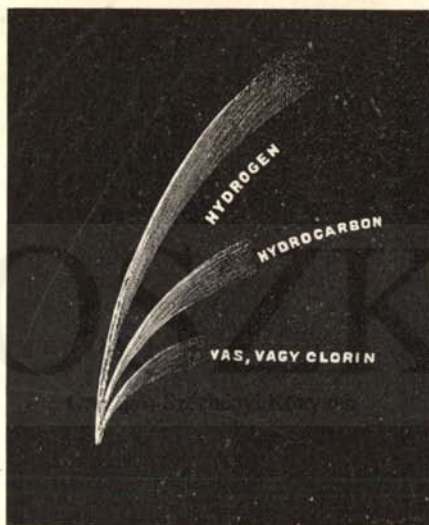
A csóva mindig elfordul a Naptól.

Az üstököst, mint egészet vonzza a Nap, de mikor eléggé közel jutott hozzá, részben gőzzé változtatja és a nagyon ritkult gáz oly taszításnak van kitéve, mely teljesen legyőzi a vonzást, úgy hogy a csóva szemmel láthatólag a Naptól elirányítva áramlik. Ez mindaddig tart, míg elég közel van a Naphoz, hogy anyagának egy része folyvást gőzzé változthassék. Az üstökös távoztával a meleg már nem oly magasfokú; a csóva

kisebbedik, mert kevesebb anyag alakul át gőzzé.

**Üstökös-csóvák alakjai.** — BREDICHIN három alakját különbözteti meg az üstökös-csóvának: van (1) a térbe tökéletesen, vagy majdnem egyenesen kinyúló csóva, mint az 1843. évi nagy üstököse; (2) gyengén hajlott csóva, mint az 1858-iki DONATI-féle

üstökös szélesebb farka (1. rajzunkat a 15. lapon); (3) rövid bozontos csóva, mely hirtelen fordulattal görbül el a magtól, mint ENCKE üstökösén. Az első alakhoz tartozó csóvák eredetét hidrogén kiáramlásával hozzák kapcsolatba, mely valamennyi ismert elem között legkönnyebb; ebben az esetben a Nap taszító ereje 14-szer nagyobb, mint a vonzása. A második alak gyenge hajlotságú csóvai szénhidrogen vegyületektől erednek, melyek a Nap vonzását valamivel felülhaladó erővel



280. ábra.

Üstökös-csóvák típusai.

taszítódnak el. Ha a Nap a harmadik alak hirtelen hajlású csóvát hozza létre, taszító ereje a saját vonzásának körülbelül csak  $\frac{1}{5}$  része, és ezek a csóvák még súlyosabb anyagok, főleg vas és chlór kiömléséből keletkeznek.

Ez elmélet segítségével teljesen megmagyarázhatjuk, ha valamely üstökösnek különböző, két vagy akár mindhárom alakot feltüntető csóvája van. Az 1893. évi RORDAME-QUÉNISSET-féle üstökösnek kitűnően sikerült fotografiáján négy csóva látható, mely később egygyé olvadt. Nyilvánvaló, hogy a kilökött gázok anyaga különböző időben hol hidrogén, hol

szénhidrogén, vagy vas, illetőleg ezek valamely keveréke lehet, a szerint, hogy milyen chemiai összetételű a mag.

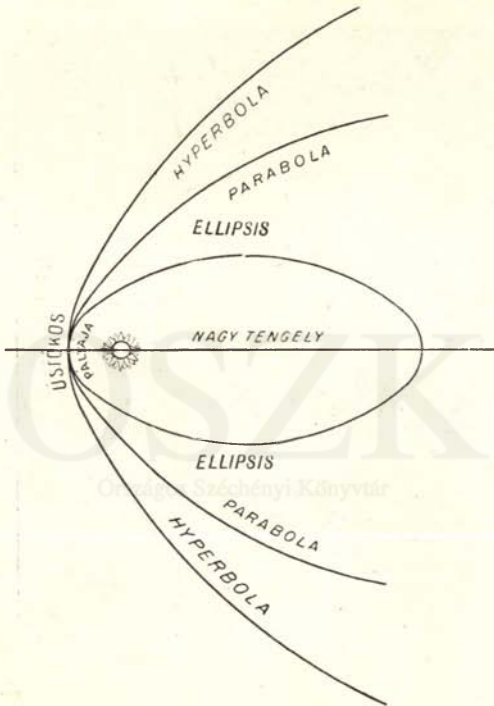
**Pályaszámítások.** — Mihelyt felfedezik az új üstököst, azonnal pontosan meghatározzák helyzetét a csillagok között. Következő estéken a helymeghatározást ismétlik; és ha három teljes ilyenemű megfigyelés áll rendelkezésünkre, általában már kiszámítható az üstökös szabatos pályája. Az ily pálya mindig a három kúpszeletnek egyike, és (1) ha ellipszis, az üstökös az időszakosak osztályába tartozik és keringési ideje annál nagyobb, minél tetemesebb pályájának külpon-tossága; (2) ha a pálya parabola, az üstökös a Naptól oly vonal irányában távozik, melylyel a csillagos ég mélyéből közelítőleg párvonalosan érkezett; (3) ha hiperbola a pálya, oly irányokban közeledik a Naphoz és távozik tőle, melyek hatalmasan szétágazók.

**Üstökőspályák.** — Vannak üstökösök, melyek a naprend-szernek maradandó tagjai; azonban mások csak egyszer láto-gatnak el hozzánk. Három alakja lehet az üstökőspályának, ellipszis, parabola és hiperbola. Maradandóan a Nap család-jához csak oly üstökös van kötve, melynek pályája ellipszis. A másik két görbe — mint rajzunk mutatja — nyitott; tehát az üstökös, ha ily pályán halad, csak egyszer kerüli meg a Napot, mintegy üdvözölve a rendszer uralkodóját, azután visszamerül a világtűr mérhetetlen távolságába.

Milyen az üstökös pályája, nyitott görbe vonal-e, vagy zárt, pusztán csak a sebességétől függ. Ha az üstökös a Naptól egységnyi, vagyis 149'5 millió kilométer távolságban másodpercenként 42 kilométernél nagyobb sebességgel halad, sohasem térhet vissza; ha sebessége ennél kisebb, a test időszakonként, rövidebb vagy hosszabb barangolás után vissza-jut. Igen gyakran oly közel áll valamely üstökös sebessége a kritikus, másodpercenként 42 kilométernyi értékhez, hogy nehéz megmondani, vajjon visszatér-e valamikor, vagy sem. Mindazonáltal ismerünk sok üstököst, mely időszakonként pon-tosan előre kijelölt időben ellátogat hozzánk. Ily üstökösök pályáinak alakjából és helyzetéből számos esetben kitünik, hogy ez égi testeket a bolygók vonzása fogta meg, mely ere-deti sebességüket 42 kilométernél alábbszállítva, kényszerítette

őket, hogy határozatlan időre megmaradjanak a naprendszerben, mint ennek tagjai, a Nap kormányának hódolva.

**A hajított test útja parabola.** — Ez a tétel, mely matematikailag a mozgás törvényeiből levezethető, nagyon szépen bebizonyítható, ha megfigyeljük, milyen alakú görbéket irnak le a levegőbe magasan felhajított tárgyak. A légkör ellenállása,

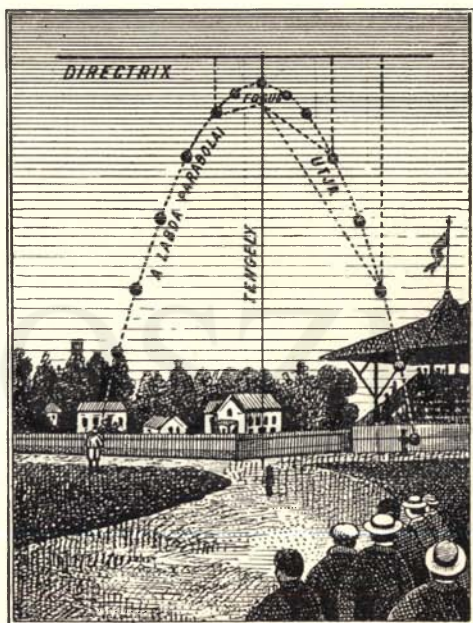


281. ábra.

Üstökőspályák alakjai.

ha csak nem igen nagy a sebesség, nem hat nagyon észrevehetően a görbe alakjára. A labda gyakran gyönyörűen igazolja tételünket, a mint az ütővel megcsapva tovarepül, magasan a levegőbe és onnan le annak a kezébe, a ki elkapja s a kit fényképünk abban a pillanatban ábrázol, mikor a — persze kissé nagyítva rajzolt — labdát felfogja. A vízszintes vonal a parabola felett az úgynevezett vezérvonal

(*directrix*), és a parabola közepén átmenő függőleges vonal a *tengely*. Ennek egyik pontja, a gyújtópont (*focus*), éppen annyira van a parabola csúcsa alatt, mint a vezérvonal a fölött. A szóban levő görbe vonalnak számos nevezetes tulajdonsága van; az egyik az, hogy a görbe bármely pontja ugyanannyira van a gyújtóponttól, mint — merőleges irányban — a vezér-



282. ábra.

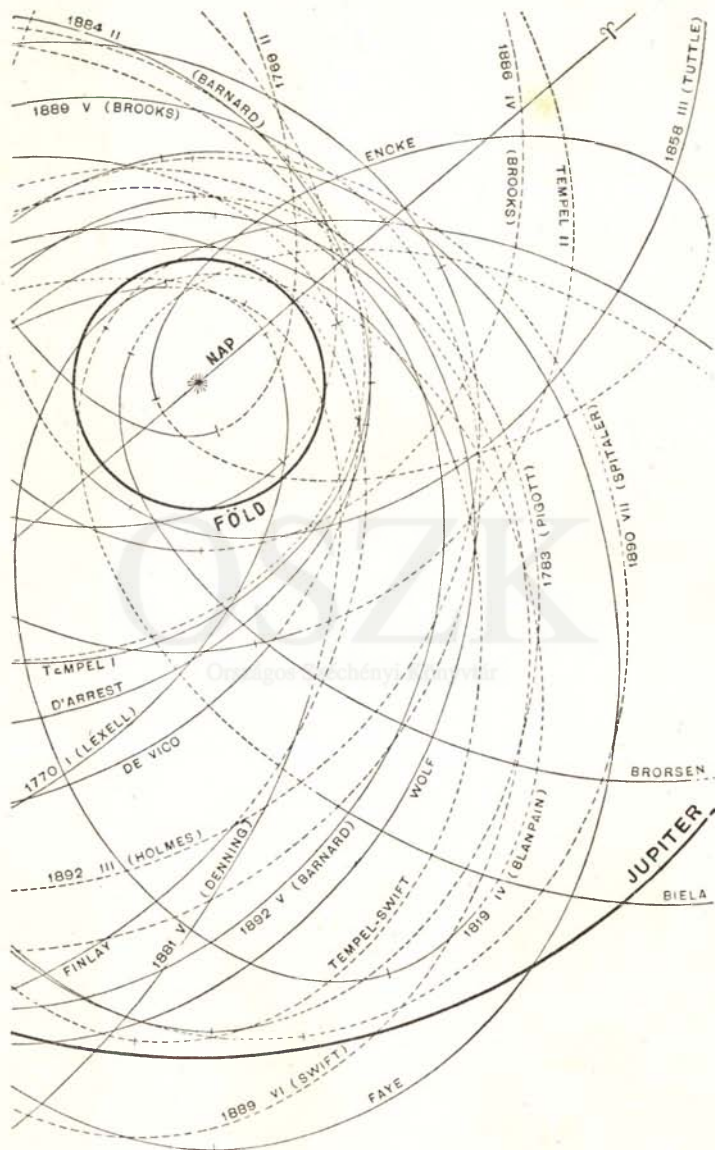
Hajított labda útja parabola (Lovell pillanatnyi felvétele nyomán).

vonaltól (a mi látható is a pontozott vonalok egyenlőségéből). Más igen fontos és az optikában sokszor értékesített tulajdonsága ez: ha a parabola bármely pontjához érintőt húzunk, akkor az érintő az érintési pontból a gyújtóponthoz húzott egyenessel éppen akkora szöget alkot, mint az érintési pontból a tengelyhez párvonalosan húzott egyenessel. E tulajdonsága miatt a reflektorra (208. lap) eső párvonalos fénysugarak mind a gyújtópontban találkoznak.

**Az üstökösök mozgási iránya.** — A Nap családjának jól és szabályosan rendezett bolygóitól eltérőleg nem minden üstökös kering ugyanazon irányban a Nap körül, hanem néhány ép ellenkezőleg, keletről nyugotra jár. Az üstökösök pályáinak síkjai is minden képzelhető irányúak lehetnek, sőt merőlegesen is állhatnak az ekliptikára. A Földről csak akkor láthatjuk az üstökösöt, helyzetét is csak akkor határozhatjuk meg, mikor pályájának a Naphoz közelebb levő részében tartózkodik. Ennek tartama rendszeren csak igen kis része az egész keringési időnek, mert a napközeli tájékán az üstökös mozgása igen gyors. Nagyon kétes, vajjon egyáltalában lehetett-e már megfigyelni oly üstökösöt, mely messzebb van a Naptól, mint Jupiter.

**Üstökösök méretei.** — A mag és az üstök az egyedüli részek, melyeknek méreteiről — igazi értelemben — szó lehet. Kétségtelenül nagy számmal vannak oly üstökösök is, melyeket fejük kicsinysége miatt látni sem lehet. Valószínűleg felfedezetlenül maradnak mindazok, melyeknek átmérője 24,000 kilométernél kisebb. A távcsővel látható üstökösök fejének átmérője 40,000 és 160,000 kilométer között változik; az 1858-iki DONATI-féle üstökösé 400,000 kilométer volt és az 1811-iki nagy üstökösé, melynél nagyobb eddig nem ismerünk, majdnem ötször akkora. Az üstökösöcsóvák elképzelhetetlen terjedelműek; a rövidek is 15 millió kilométer, a hosszabbak (mint pl. az 1882. évi üstökösé) több, mint 150 millió kilométer hosszúságúak. Hogy elképzeljük, milyen óriási nagyság ez, gondoljuk meg, hogy az ily üstökös, ha feje a Napot érné, csóvájával a földgolyón messze túl terjedne.

**Az időszakos üstökösök.** — Azokat az üstökösöket, melyek teljesen ismert ellipszis-pályán mozognak a Nap körül, időszakosoknak vagy visszatérőknek nevezzük. Körülbelül 30 ilyen üstökösről tudunk eddig, melyek keringési ideje 100 évnél kisebb; legkisebb ( $3\frac{1}{2}$  év) az *Eneke*-üstökösé, leghosszabb (76 év) a *Halley*-féléé. Ez égi testeknek majdnem mindegyike pusztán szemmel láthatatlan és körülbelül csak felerészöknek észlelték egynél több visszatérését. Körülbelül ugyanennyi üstökös hosszú tojásdad pályán halad, de keringési idejük évszázadokra, sőt évezredekre terjed, tehát a napközelségükhöz való visszatérésük még nem igazolt.



283. ábra.

Az üstökösök Jupiter családja (Payne Népszerű Asztronómiájából).

**Bolygókhöz tartozó üstökös-családok.** — Ha a visszatérő üstökösöket a Naptól való távolságuk szerint rendezzük, melyben naptávolukkor vannak, egész csoportokra akadunk, melyeknek távolsága a nagyobb külső bolygók távolságával körülbelül egyezik. E csoportok közül mint legnépesebb kiválik a Jupiter-család; számos üstökösének pályáját szépen ábrázolja rajzunk. Nem igen lehet kételkedni, hogy ez üstökösök eredetileg nyílt pályát követtek, mely parabola vagy hiperbola lehetett; de a Naphoz közeledve, oly közel haladtak el Jupiter mellett, hogy ennek hatása folytán sebességük a parabolás határ alá szállt, minélfogva ezóta ellipsziszalakú pályákon kényszerülnek haladni. Valóban mondhatni, hogy a bolygóóriás ellenállhatatlan vonzása fogta meg őket. Míg Jupiter üstökös-családjá 18 tagból áll, Saturnusé 2, Uranusé 3 és Neptunusé 6 tagú.

**Üstökös-csoportok.** — Az üstökösök képe oly szeszélyesen változó, hogy pusztán fizikai megjelenésük sajátosságairól lehetetlen rájuk ismerni. Ily égi test azonosságát, azaz valamely határozott üstökös visszatérését csak a pálya hasonlósága alapján állapíthatjuk meg. De arra is vannak példák, hogy egy és ugyanazon pályán haladó üstökösök szabálytalan időközökben jelentek meg. Ekkor nem lehetett szó egy és ugyanazon üstökösről, hanem a világűrben egy csapáson több égi test haladt, mely úgynevezett üstökös-csoportozathoz tartozik.

A legnevezetesebb csoport az 1668., 1843., 1880., 1882. és 1887. évi üstökösöket egyesíti, melyek tehát egymást kergetve keringenek a Nap körül. Valószínűleg oly üstökös töredékei, mely eredetileg óriási nagyságú lehetett, de történetének valamely régi időszakában a Nap hatása miatt darabokra szakadt, mert napközelségében nincsen egészen 800,000 kilométernyire a Nap felszínétől. Ily kis távolságból kiszámíthatatlan nagyságú árkelző erővel hathatott a Nap az annyira csekély tömegű és roppant terjedelmű testre, minek természetes következményeül külön töredék-üstökösök könnyen képződhettek.

**Az üstökösök száma.** — Az elmúlt idők történelmi és tudományos évkönyveiben mintegy 1000 üstökösről van említés. Ezek közül körülbelül 100 ismételt megjelenésre vonatkozik, úgy hogy a határozottan különböző és megfigyelt üstökösök összes száma 800 és 900 között van.

A keresztény időszámítás első tizenhét századában átlag 30 üstökös jelent meg százévenként, de majdnem valamennyi fényes, és távcső nélkül felfedezett és megfigyelt jelenség volt. A távcső fokozatos elterjedésével a XVIII. századra már 70 és a XIX-re majdnem 300 üstökös esett. Az utóbbiaknak talán tizedrészét sem lehetett volna pusztá szemmel felfedezni, és úgy látszik tehát, hogy a fényes üstökösök száma évszázadról-évszázadra keveset változik. A távcsővel felfedezett üstökösök száma évről-évre növekedik, mert több megfigyelő keresi, mint előbb és a munka jól szervezett rendszer kere-



284. ábra.

Cheseaux több-csóvás üstököse (1744).

tében megy végbe. Jelenleg évenként átlag hét üstököst észlelnek. Kevesebb található nyáron, mert rövidebbek az éjszakák. Kétezer esztendő alatt — bár ennyi csak „egy percz a naprendszer valószínű élettartamában“ — bizonyára ezrével jönnek az üstökösök a Nap hatáskörébe, mert valószínű, hogy minden évszázadban 1000 üstökös a láthatóság határain belül halad el a Föld mellett. De ezek közül is a felerésznél többet aligha lehetséges megpillantani.

**Nevezetes üstökösök 1850-ig.** — Óriási arányú üstökösök a legrégebb idő óta felbukkantak egünkön. Másokat is fel kell említenünk sajtáságos jellemző tulajdonságuk miatt. HALLEY üstököse arról híres, hogy ez az első, melynek időszakosságát felismerték és visszatérését előre jósolták. Ez 1704-ben történt ;

a jóslat beteljesült 1759-ben és újból 1835-ben; legközelebb 1910-ben várható ez az üstökös. Az 1744-ikinek legyező-alakú sokszoros csóvája volt (lásd rajzunkat). Az 1811-iki nagy üstökös a legszebbek egyike volt a XIX. században; keringési ideje körülbelül 3000 esztendő. PONS 1818-ban igen apró üstököst fedezett fel, mely azért lett híres, mert igen rövid a keringési ideje ( $3\frac{1}{2}$  esztendő). E tényt ENCKE híres német csillagász derítette ki; azért az említett üstököst most ő róla ENCKE-félének mondjuk. A napközelihez való visszatértét még mindannyiszor megfigyelhették, évtizedenkint háromszor. Egészen 1868-ig az ENCKE-féle üstökös keringési ideje a megfigyelések szerint állandóan  $2\frac{1}{2}$  órával rövidült és ez a csök-



285. ábra.

A BIELA-féle üstökös oszlása (1845—1846.)

kenés arra a feltevésre adott alkalmat, hogy a világűrten álló közeg tölti be; de e feltevést újabb kutatások nem igen igazolják. ENCKE üstököse nem tartozott soha a feltűnők közé, alak és szerkezet tekintetében sok furcsaságot tanúsított és jelenleg csak távcsővel látható. Visszatért 1895-ben, 1898-ban és 1901-ben. Az 1843. évi nagy üstökös, melynél nevezetesebbet talán sohasem ismertek, nappal is látható volt és a napközeli táján üstöke legkülső részei legfeljebb 80,000 kilométernyire lehettek a Nap felszínétől, tehát közelebb hozzá, mint bármely más ismert test. Sebessége a napközelségben szintén példátlan volt, óránként 2.000,000 kilométert tett. Keringési ideje 500—600 esztendő.

**Biela elveszett üstököse.** — MONTAIGNE a francia Limoges városban 1772-ben oly üstököst fedezett fel, melyet PONS ismét meglátott 1805-ben; azután senki sem tudta észrevenni 1826-ig,

a mikor **BIELA** osztrák katonatiszt, új üstökösnek vélve, újból felfedezte. **BIELA**, a kinek nevén ezentúl ismerték, ez üstökösnek pályáját kiszámította és keringési idejét  $6\frac{1}{2}$  esztendőnek találta. Midőn az üstökös 1845—46-ban újból megjelent, két egyenlőtlen töredékre szakadt (lásd rajzunkat), melynek kölcsönös távolsága tetemesen megnőtt, mire az üstökös 1852-ben ismét visszatért. Ez utóbbi év óta senki sem látta többé; de úgy hiszik, az 1872-ben, 1885-ben és 1892-ben november végén észlelt csillaghullás annak tulajdonítható,



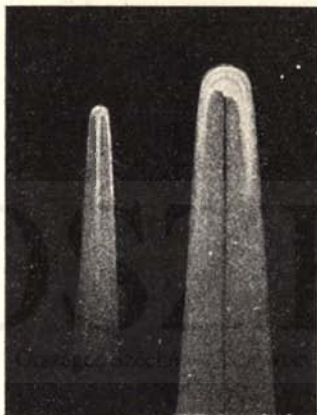
286. ábra.

A **DONATI**-féle háromesóvájú üstökös 1858-ban.

hogy Földünk az eltűnt égi test pályájának közelébe jutott, és hogy az üstökös tovább is, sőt végképen felbomlik. Az említett hullócsillagok ezért *Bielidák* néven ismeretesek; *Andromedidák*-nak is nevezik, mert *Andromeda* csillagképéből látszanak sugározni. Az 1885-iki csillaghullás alkalmával, november 27-én, nagy vasmeteorit hullott a Földre, melyet Mazapilban (Mexikó) találtak; ez kétségtelenül valamikor **BIELA** üstökösének volt része.

**Nevezetes üstökösök 1850 és 1875 között.** — 1858-ban megjelent a **DONATI**-féle üstökös, mely legnagyobb fényre októberben kapott,  $40^\circ$  hosszú, erősen görbült és a végén  $8^\circ$  széles csóvával pompázott. Volt még két majdnem egyenes és

igen hosszú és keskeny mellécsóvája, mint rajzunkban látható. Pályája ellipszis, keringési ideje majdnem 2000 esztendő. Még egy nagy üstökös 1861-ben jelent meg; csóvája legyező alakú volt hat különböző, egytől egyig tökéletesen egyenes kiágazással. A külső kiágazások  $120^{\circ}$ -nyi rendkívüli hosszúságot értek el és erősen szétállók voltak, mit az a körülmény okozott, hogy a Föld 480,000 kilométernyi mélységig a csóvát alkotó anyagba hatolt. Ez az üstökös is ellipszisben járja körül a Napot, keringési ideje több, mint 400 esztendő. A leg-



287. ábra.

A COGGIA-féle üstökös rajza (1874-ben).

közelebbi szép üstököst 1874-ben látták; COGGIA üstökösének nevén ismeretes. Magva elsőrendű csillag fényében ragyogott, csóvája  $50^{\circ}$  hosszú volt és gyengén görbült. COGGIA üstököse a feltűnő fényűek között az első volt, melyre a színképi vizsgálatot alkalmazták; úgy találták, hogy gázburkolata nagyrészt hidrogénnek és szénnek vegyületéből állt. Ez üstökös, midőn a napközeltől messze állt, a rendestől eltérő látványul szolgált, melyet rajzunk hiven ábrázol; fényes csik indult ki magvából és a csóva közepén végig húzódott. A Nap közelében e fénylő csik helyébe a szokott sötét sávoly lépett. Eddig sem az egyik, sem a másik csikot nem sikerült kielégítően megmagyarázni.

COGGIA üstökösének pályája ellipszis, de oly külpontos, hogy csak évezredek múlva jelenhetik meg újra.

**Nevezetes üstökösök 1875 és 1890 között.** — Csak kettő érdemel különös említést. Az elsőt 1881-ben fedezték fel és ez év júniusában pompás tűnemény volt az északi égen. Alakja az 1858-iki DONATI-féle üstököshöz hasonlított és ez volt az első üstökös, melyről sikerült fotográfiát készítenek. Az 1882. év két fényes üstököst hozott, melyek egyike sok tekintetben rendkívüli volt. Fényessége oly erős volt, hogy a Nap szoros közelében szabad szemmel láthatták. Csakugyan valóságos átvonulásban el is haladt a Föld és a Nap között; és abban a pillanatban, midőn az üstökös a Nap korongjába lépni készült, a mag saját fénye alig volt kisebb, mint magának a Napnak fénye. Ez az üstökös nagyszabású volt. Csóvája oly távolságra terjedt az űrben, mely a Nap és a Föld között meghaladta, és fejének egyes részei 480,000 kilométernyire hatoltak a Napnak szomszédságába, másodpercenként 320 kilométernyi sebességgel haladva. Valószínűleg e nagy közelséggel magyarázható az a jelenség, melyet az üstökösön a Naptól távoztakor láttak, hogy feje több magvas darabra szakadt, melyek mindegyike saját független pályán haladt tova. Továbbá az üstökös csóvája is számos szokatlan tűneményt tárt a néző elé, némelykor egységes volt és majdnem egyenes, hol pedig két gyengén hajló csóva volt látható. Ezenkívül az üstököt roppant hüvely vagy burok fődte, mely több millió kilométernyi hosszúságban a Nap felé nyúlt.



288. ábra.

Brooks üstököse  
1893-ban  
(Barnard fotográfiája nyomán).

**Nevezetes üstökösök 1890 óta.** — Egyetlen fényes üstökös sem mutatkozott 1882 és 1897 között, de az 1893-iki BROOKS-féle üstökös, bár gyöngye és pusztja szemmel sohasem volt látható, említésreméltó azért, mert BARNARD néhány nevezetes

fotográfiát készített róla. Ezek egyikét rajzban közöljük az eredeti lemez nyomán nagyítva. Ez üstökösön rohamos és erőszakos változások történtek; csóvája tördeltnek és csürt-csavartnak látszott; olyan volt, mint a lobogó és széltől szabálytalanul mozgatott fáklyaláng. Vagy az üstökös magva lökte ki szabálytalanul az anyagot, vagy akadályba — esetleg meteorrajba — ütközött, mely széjjel szórhatta.

**Mikor várhatjuk a legközelebbi üstökösöt?** — Ha nagy és fényes üstökösöt gondolunk, a feleletet e kérdésre csillagász sem adhatja meg. Bármely pillanatban felbukkanhat a nem várt vendég. A XIX. század második felében átlag hétéves időközökben érkeztek fényes üstökösök napközelségükhöz. De 1882-től, a mióta az utolsó nagy üstökösöt láttuk, mostanig már több, mint kétszer annyi idő telt el. Fényes üstökös mindazonáltal 1910-ben biztosan megjelenik, mert ekkor tér vissza az 1835-ben utoljára látott HALLEY-féle időszakos üstökös. A kisebb és gyengébb üstökösök közül egynéhány majdnem évenként tér vissza; de a legnagyobb rész csak távesővel látható és a csillagászok körén kívül alig kelt figyelmet. Hat ily üstökös tért vissza 1899-ben, három 1900-ban és szintén három 1901-ben.

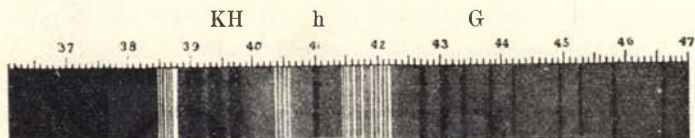
**Az üstökösök fénye.** — Az üstökösök fénye bágyadt és gyenge és nem is mindig egyforma. Pályája távolabbi részében az üstökös csak a Nap visszavert fényében ragyog és ez okból válik oly gyorsan láthatatlanná, midőn a napközelt elhagyja; ekkor lényegileg sötét és átlátszatlan test. De a mint közeledik a Naphoz, fényének igen nagymérvű, bár gyakran szabálytalan növekedése onnan ered, hogy maga is világít, és leginkább ez a saját fénye az, a mi az üstökösöt oly feltűnő jelenséggé teszi. Valami, eddig még teljesen nem ismert módon a Naptól eredő kisugárzás az üstökös fejét alkotó laza szerkezetű anyagra hat és világító állapotba juttatja, mely a középponti test taszító erejével kapcsolatban az üstökös fején és csóváján mutatkozó összes tüneteknek szülőoka.

**Chemiai alkotás.** — Az üstökösök fényét a spektroszkóppal vizsgálva, meggyőződünk, hogy főalkatrészüik a szénnek és hidrogénnek vegyületei, azaz szénhidrogének. Egyéb elemeket eddigelé csekély számban találtak. Nátrium, magnézium és vas akadt az 1882-iki nagy üstökösben, úgyszintén nitrogén

és valószínűleg oxigén is. Nem bizonyos, hogy az üstökös szinképe mindig ugyanaz marad, talán gyors átváltozásoknak van alávetve, mikor a Naphoz közeledik. A gyöngye folytonos szinkép, mely a kékben, zöldben és sárgában előforduló fényesebb vonalok háttéréül szolgál, visszavert napfénytől ered.

Rajzunkban az 1882-iki üstökös szinképének egy része látható a *G*, *h*, *H*, *K* és más Fraunhofer-féle vonalakkal, melyek jelenléte határozottan megerősíti ezen feltevést. Eddig mindössze 20—30 üstökös szinképét figyelték meg, és úgy látszik, hogy valamennyi majdnem egyforma chemiai alkotású.

**Üstökösök fotografozása.** — Az üstökös fénye, legalább a mennyire a szemre hat, rendszerint gyöngye, fotográfiai hatása pedig még csekélyebb. Tehát hogyan készíthetik el a fotográ-



289. ábra.

Az 1882. évi üstökös szinképe (Sir William Huggins).

fiáját? Ez nyilván csak kétféleképpen lehetséges. Vagy igen érzékeny lemezt kell használni, vagy a felvétel tartamát kell nagyon hosszúra nyújtani. A modern, érzékeny száraz lemez feltalálása előtt az üstökösök fotografozása lehetetlen lett volna. Az első üstökös-fotográfiát DRAPER HENRIK készítette az 1880-iki üstökös-ről. 1890 óta a *Lick*-csillagvizsgálón és egyebütt is igen érzékeny lemezek és hosszú felvétel útján sok gyöngye üstökös fotográfiáját sikerült elkészíteni. Rajzunk a GALE-féle (1894-iki) üstököst ábrázolja, oly fotográfia nyomán, melynek felvétele egy álló óráig tartott. Az üstökös gyors mozgásban volt és minthogy a távcsövet hajtó óraművet az üstökös járásához szabályozták, a szomszédos csillagok nem mint fénypontok, hanem mint egyenlő hosszúságú párvonalok látszanak. Hasonló sikereket arattak HENRY és WILSON.

**Napfogyatkozás közben felfedezett üstökösök.** — Valószínű, hogy jó felerésze azoknak az üstökösöknek, melyek a Földhöz való közeledésük következtében láthatókká válnának, a

Nap mindent túlsugárzó fénye miatt fel nem fedezhetők. Ebből következik, hogy napfogyatkozás ideje különösen alkalmas új üstökösök felfedezésére. Ez csakugyan sikerült legalább két ily esetben és üstökösök jelenléte sejthető volt más kettőben.

Az 1882. május 17-iki, Egyiptomban megfigyelt teljes napfogyatkozás alatt SCHUSTER a Nap koronája mellett új üstökös fotografiáját kapta, mint a 328. lapon látható. Ezt az üstököst az akkori khedivéről, TEWFIK-ról nevezték el. Hasonló körülmények között SCHAEBERLE az 1893. április 16-iki teljes napfogyatkozás alkalmával Chiliben egy, a korona sugaras kiáramlásaihoz közvetlenül támaszkodó üstökös fotografiáját kapta. Mindkettő új üstökös volt, de eddig egyet sem láttak viszont. Minthogy mindegyikről csak *egy* megfigyelésünk van, természetesen mítsem tudhatni a Nap körül leirt pályájukról vagy visszatérésük lehetőségéről.

**Tömeg és sűrűség.** — Az üstökösök oly csekély tömegűek, hogy e tömeget csak hozzávetőleges becslés útján hasonlíthatjuk össze a Földével. Egyes üstökösök néhány esetben a naprendszer kisebb testeivel igen közel jártak; de habár pályájuk és mozgásuk ezzel tetemes háborgásokat szenvedett, semmi változást sem vehettek észre azon holdak vagy egyéb testek mozgásában, melyeknek az üstökös közelébe jutott. E tömegek tehát nagyon kicsinyek és valószínű, hogy egy üstökös tömege sincs annyi, mint a Föld tömegének  $\frac{1}{100,000}$  része; de ekkora résznek egy harmada is még mindig 170 kilométer átmérőjű vasgolyóval érne fel. Ha az üstökösök tömege oly csekély, holott terjedelmük oly óriási, mekkora lehet e testek sűrűsége? Minthogy a sűrűséget a tömeg és a térfogat hányadosa méri, az üstökösöknek rendkívül ritka szerkezetűeknek kell lenniök. Azon ritka esetekben, midőn az üstökösnek gyakran több millió kilométer vastagságú csóváján csillagok látszottak át, fényöknek semmi csökkenését sem észlelték. Még a jóval sűrűbb üstök sem csökkenti a rajta



290. ábra.

A GALE-féle üstökös 1894-ben (Barnard fotografiája nyomán).

átható fény erejét, bár az üstökös magvának közelében a csillag képe kissé határozatlanná válhatik. Ha légszivattyúval a teljesen üres térhez lehetőleg közelálló vacuumot állítunk elő, ennek egy köbméterében még mindig százszorosan több anyag van, mint valamely üstökösfej ugyanily nagyságú terében.

**Az üstökös csóvájában.** — Bármily különösnek tetszik, azok az óriási csóvák tényleg oly csekély tömegűek, hogy kezünkkel beléjük markolva, semmit sem vélnénk tapintani és velük összeütközni körülbelül annyi volna, mint összekocczanás az árnyékkal. Az üstökös-csóvák rendkívül leheletszerűek és gyérek, s SIR JOHN HERSCHEL szerint fonttal vagy épen unciával mérhetők.



291. ábra.

A Föld belemélyed az 1861-iki üstökös csóvájába.

A kisebb üstökös fejének tömege esetleg nem nagyobb, mint valamely igen nagy kőé; ha nagy az üstökös, teljesen lehetséges, hogy feje sok száz, vagy akár ezer apró szilárd, köves vagy fémes testnek halmaza. Sebessége rendszerint oly nagy, hogy az üstökös teljesen elgőzölögne, ha esetleg valamely bolygóval összeütköznék. Legalább is két esetben tudjuk, hogy a Föld üstökös csóváján valóban áthaladt. Egy ízben ez 1861. június 30-án történt. Rajzunkon látható, milyen helyzetű volt a Nap (*N*), az üstökös feje (*c*) és a Föld (*t*), mielőtt ez utóbbi belemélyült az átlátszó csóvába. De átvergődtünk és még csak sejtelmünk sem volt róla, csupán az üstökös helyzetének kiszámítása útján jutott tudomásunkra.

**Ha üstökössel összeütköznénk.** — Minthogy az üstökösök pályái a Föld évi ösvényét, vagyis az ekliptikát minden képzelhető szög alatt metszik; minthogy továbbá e tévelygő testek mozgása úgy előrenyomuló, mint hátráló lehet, nyilván telje-

sen elképzelhető, hogy bolygónk valamikor összeütközik az üstökösök valamelyikével, miután ily testek a világtérben nagy számmal vannak. De minthogy a valószínűség szerint csak minden 15 millió esztendőben várható egy összeütközés, végtelen csekély a kilátás, hogy ily esemény épen a mi időnkben fog bekövetkezni; az üstökösök tehát nem veszedelmes testek. „Nagyobb a valószínűsége annak, hogy valaki behunyt szemmel a levegőbe löve röptében madarat talál, minthogy bármely üstökös a Földdel összeütközik.“

De ha valamely nagy üstökös fejjel mégis valahogy egyenesen neki jönne földgömbünknek, az összekoczczanás következményei elképzelhetetlenül gyászosak volnának: a víz és levegő valószínűleg egy pillanat alatt felemésztnék és eltűnnék és a Föld felszine tetemes részének hófoka a fehér-izzásig emelkednék. De emberi érdek szempontjából nem kevésbé vészes következményekkel járna az a sokkal valószínűbb eshetőség, hogy a Föld légköre valamely nagy szénhidrogénes üstökös szilárd részecskéivel találkozik; ekkor könnyen megtörténhetnék, hogy ezen vegyületek hirtelen elégéséből származó ártalmas gázok a légkört teljesen megrontanák és lélekzésre alkalmatlanná tennék. Ekkép, míg a Föld a maga tengereivel, sőt az emberek lakóhelyeivel együtt baj nélkül esnék át a veszélyen, a nagy üstökös fejének csak átsuhanása is, mint könnyen érthető, majdnem minden állati élet kiveszését vonná maga után.

**Az üstökösök eredete.** — Az üstökösök eredetét még titok homálya fűdi. Valószínűleg a csillagos ég mélyéből kerültek hozzánk és így egészen a naprendszeren kívül eredők. Midőn egyik csillagtól a másikhoz bolyonganak, látszólag a tér minden irányában érkeznek hozzánk és körülbelül úgy kergetőznek a Nap körül, mint molyok a gyertyaláng körül. Némelykor, mint már említettük, roppant ellipszis peremén haladnak, újabb látogatást remélgetve, bár oly időben, melyet előre pontosan meghatározni nem lehet. Máskor a csillagok terében, talán más napok körül folytatják vándorlásukat óriási parabola-pályákon, úgy hogy visszatérésük egyáltalán nem várható. Az üstökösök hihetőleg csak forgácsok az ég műhelyében, csak elhullt darabjai annak az anyagnak, melyből a

csillagok lesznek. Azzal az állítással is találkozottunk már, hogy némely üstökös eredete talán a saját Napunkból kilökött gáztömegekre vagy olyanokra vezethető vissza, melyek a rendszer nagyobb bolygótól származnak; de ezzel a pusztá gyanítgatás talajára lépünk, mely csábító, de ki nem elégíthet bennünket.

**Az üstökösök szétfoslása.** — Az üstökösnek minden visszatérése napközelségéhez, úgy látszik, bontóan hat reá. Tudunk olyan eseteket, hogy e folyamat végbemenetelét tényleg megfigyelhették; így volt ez az eltűnt Biela-féle üstökösnél 1846-ban, az 1882-iki nagy üstökösnél, az 1889-iki Brooks-félénél, melyeknek feje külső vagy belső okoknál fogva ketté oszlott. Az üstökös-csoportok valószínűleg haladottabb oszlási állapotot tárnak szemünk elé.

Így például az 1843., 1880., 1882. és 1887. évi üstökösök egymás nyomában haladnak és eredetileg minden valószínűség szerint egyetlen nagy üstököshöz tartoztak. Még más üstökösökön a szétoszlás annyira ment, hogy eredeti tömegük most már egészen szét van rombolva és üstökös helyett csak anyagának igen kis töredékeiből álló felhő van, melynek egyes porszemei sokkal kisebbek, semhogy külön-külön volnának láthatók az űrben. Ilyen, a bolygók terében lebegő tömegek, melyek eredetileg egyetlen nagyarányú üstököst alkottak, a Naphoz való ismételt visszatérésök alkalmával a szétromboló erők hatására teljesen felbomlottak, és a mi még megmaradt belőlük, meteorszerű részecskéknek véghetetlen sokasága, mely az eredeti pálya egész mentében elterül. A csillagász csak akkor veszi észre ez apró testeket, ha légkörünkbe ütköznek, vagy olykor egészen a Föld felszínéig is hatolnak.

**Tűzgömbök, hullócsillagok és meteorkövek.** — Tűzgömb (meteor) nevéen oly anyagrészecskéket értünk, melyek hihetőleg szétfoslott üstökösöktől erednek és saját pályákon mozognak a Nap körül. E testekről való ismereteink javarészből arra szorúlnak, a mit a Földdel összeütközőknek aránylag kisszámú csoportjáról tudunk. Az utóbbiak mozgási erélye, midőn gyorsan átsurrannak a levegőn, az ezzel való összeütközés és surlódás folytán hirtelenül hővé változik. Ennek következtében egész anyaguk rendszerint gyorsan gőzzé lesz, külső kér-

güket pedig, mihelyt elolvadt, elfujja a levegő, mi gyakran látható nyomokat hagy az égen. A fénylő nyomok a felső légréteget hasítják; kevés meteor, — sőt talán egy sem — látható 160 kilométernél nagyobb. és 48 kilométernél kisebb magasságban. A fényesebb hullócsillagnyomokat fotografiával rögzíthetni, mint WOLF, BARNARD, ELKIN<sup>1</sup> tette. Minthogy a tűzgömbök sebessége légkörünkben ahhoz hasonlítható, melylyel Földünk a Nap körül kering, megérthetjük, hogy mozgásukat nem a Föld, hanem a Nap szabályozza.

Az igen apró tűzgömböket, melyek néha rajokban jelentkeznek, gyakran *hullócsillagok*-nak nevezzük; de mindinkább tért foglal az elhunyt NEWTON tanár nézete, hogy e tekintetben nincsen határozott elválasztó vonal. A hullócsillagokat azért tartják a tűzgömböknél sokkal kisebbeknek, mert csak egy-két másodperczig láthatók és sokkal nagyobb magasságban teljesen elemésződnek. Sok millió hullócsillag ütközik naponta légkörünkbe és csakhamar elenyészik. Habár átlag nem nagyobbak a közönséges sörétnél, sebességök oly tetemes, hogy a légkör védő köpönyege nélkül agyonzúznák az összes élőlényeket (ha már el is lehetnének levegő nélkül). Az a tűzgömb, mely végig hasítja a légkört és a Föld felszínéig érkezik, meteorkő vagy *meteorit* nevét viseli. A Föld különböző részein több ezer kilogramm ily bolygóközi anyagot gyűjtöttek össze: a szebb példányokat féltékenyen őrzik a múzeumokban, melyek között leggazdagabb e tekintetben a londoni, párisi és bécsi.<sup>2</sup> Az Egyesült Államokban nevezetes efféle gyűjtemények vannak az AMHERST-College-ben, a HARVARD és YALE-egyetemen és a washingtoni nemzeti múzeumban.

**Legsűrűbb a csillaghullás reggel felé.** — Ha szakadó esőben gyors futásnak eredünk, mellünk jobban ázik, mint hátunk, mert az előre törő test az esőcseppeknek — úgy szólván — elébe fut. Hasonló módon a Földnek elül, vagyis a mozgás irányában levő felét több rázuhanó hullócsillag veri, mint bármely más részét. Minthogy 24 óra folyamában a Földnek

<sup>1</sup> És Ausztriában Kostersitz.

R.

<sup>2</sup> A mi Nemzeti Múzeumunknak is van gyönyörű meteorkő gyűjteménye, mely tudományos értékre a negyedik rangot foglalja el. R.

minden egyes része fordul a csillaghullás kisugárzási pontja felé, a legdúsabb hullás nyilván a nap amaz órájában észlelhető, a mikor az égboltozatnak majdnem közepén van az a pont, mely felé a Nap körül való mozgásunk pillanatnyi iránya tart, más szóval, mikor a Föld útjának czélpontja (apexe) a zenithez legközelebb van. Ez, mint a 138., és 139. lap ábráinak megtekintéséből kitűnik, napkeltekor következik be. Itt látható rajzunkban, hol a Nap a Föld felett képzelendő és  $abd$  félgömböt világítja meg,  $d$  pontban napfelkelte van és a Föld  $dp$ , vagyis a nagy nyíl irányában halad át a világ-terén. Ekkép az  $adc$  félgömb eléjük siet a hullócsillagoknak, melyek  $ggg$  irányokból látszanak hullani. Ha a meteorfelhőben



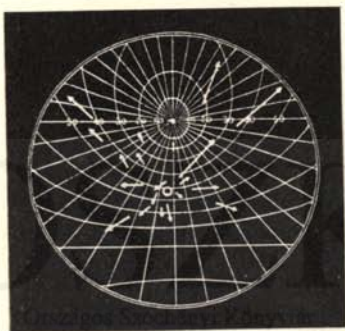
292. ábra.

A hullócsillagok száma reggel felé nő.

a részecskéket egyenletes eloszlásúaknak képzeljük, a légkörbe ütközés által láthatókká vált hullócsillagok száma éjjeltől reggeli hat óráig folyton nő, hacsak a hajnal meg nem akasztja a megfigyelést. Az  $a$  ponttól, hol dél van,  $b$ -ig, hol a nap lenyugszik, fokozatosan csökken a hullócsillagok száma és  $fff$  irányokból a legkevesebb hull a Föld hátulsó,  $abc$  felére. A mi pedig az esztendő különböző részeit illeti, tudvalevő dolog, hogy földgolyónk a naptávoltól a napközelig haladtában háromszor annyi hullócsillaggal találkozik, mint a mikor a napközelből átmegy a naptávvalba.

**Kisugárzási pont.** — Bármely felhőtlen és holdvilág nélküli éjjel, különösen április, augusztus, november és december hónapokban, csak néhány perczig kell lesnünk, hogy egy vagy több hullócsillagot láthassunk. Rendszerint az égnek akárminő részén jelennek meg és némely ritka esetben százával és ezrével hasítják az eget órákon át, mint 1799 és

1833 novemberében is történt. Ezek a hullócsillagrajok nevéen ismeretesek. Gondos megfigyeléssel kiderítették azt a fontos körülményt, hogy a rajnak majdnem minden fényes tűzvonalá hátrafelé meghosszabbítva igen kis területen fut össze, melynek a csillagok között szilárd helyzete van. Rajunkban a nyilak 20 hullócsillag irányát és látható nyomát jelölik. Könnyen észreveszszük, hogy a nyilak meghosszabbításai mind a kis fehér karikában találkoznak. Ezt a kis tért a *kisugárzási pont* vagy *radians* nevével jelöljük. Hogy a hullócsillagok innen mindenfelé széjjelfutnak, az csak látszat, tisztán a perspektíva hatása és azt bizonyítja, hogy párvonalakban hasítják a tért



293. ábra.

A sugárzópont magyarázatául.

A radians egyszerűen a pályák eltünési pontja. Figyeljük meg, hogy a fénylő ösvények annál hosszabbak, minél messzebb vannak a kisugárzási ponttól; ha valamely hullócsillag egyenesen neki megy a Földnek, tüzes nyoma egyetlen ponttá rövidül, mely a kisugárzási pontba esik. Ez idő szerint körülbelül 300 ily kisugárzási pont ismeretes; ezek közül talán 50-nek helyzete egészen biztosan meghatározott. A csillagkép, melybe a pont esik, megadja az egész rajnak nevét; így vannak *Leonidák* és *Perseidák*, *Andromedidák* és *Geminidák* stb.

**A főbb csillaghullások lajstroma.** — Táblázatosan közöljük itt DENNING, az e tárgyban tekintélynek ismert angol csillagász nyomán az év folyamában előfordulni szokott csillaghullások kivonatos jegyzékét:

## Évenkinti csillaghullások.

N é v	A radians helyzete		A maximumideje	A csillaghullás tartama
	R. A.	Decl.		
Quadrantidák . . . . .	15 ó. 19 p.	É. 53°	jan. 2	2 nap
Lyridák . . . . .	17 59	É. 32	ápr. 18	4
Éta Aquaridák . . . . .	22 30	D. 2	máj. 2	8
Delta Aquaridák . . . . .	22 38	D. 12	júl. 28	3
Perseidák . . . . .	3 4	É. 57	aug. 10	35
Orionidák . . . . .	6 8	É. 15	okt. 19	10
Leonidák . . . . .	10 0	É. 23	nov. 13	2
Andromedidák . . . . .	1 41	É. 43	nov. 26	2
Geminidák . . . . .	7 12	É. 33	decz. 7	14

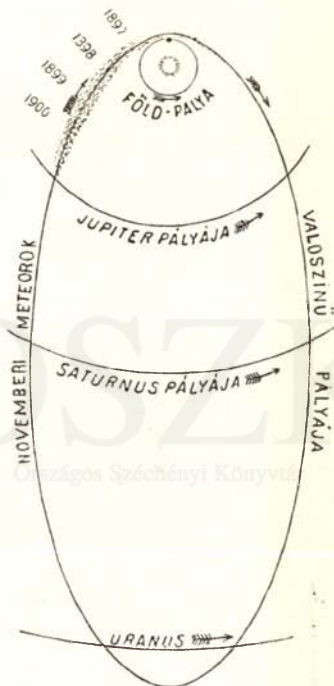
Ha több kisugárási pont esik ugyanabba a csillagképbe, megkülönböztetés végett a raj nevéhez a legközelebb álló csillagét is fűzzük.

**Meteorok pályái.** — Bármely kisugárási ponthoz tartozó hullócsillagok tűzvonalaínak ismételt megfigyeléséből csakhamar kitűnik, hogy a csillaghullások évente ugyanazon időben ismétlődnek. Némely esetben a csillaghullás határozott számú évekből álló időközök eltelte után különösen feltűnő. Ezért lehetséges volt ilyen rajokat előre megjósolni és a jóslások több alkalommal fényesen beigazultak. Kiváltképp áll ez az 1866-ik év novemberi rajról, mely hely és idő tekintetében egészen pontosan jelent meg.<sup>1</sup> A novemberi hullócsillagok keringési ideje  $33\frac{1}{4}$  év.

A kisugárási pont helyzete a csillagok között, és az irány, melyben haladni látszanak, módot szolgáltat arra, hogy pályájuk nagyságát, alakját és a térben való pontos fekvését kiszámíthassuk. Rajzunk a *Leonidák* vagy a novemberi raj pályáját a bolygópályákhoz viszonyítva tünteti fel, és látható, hogy ama meteorok, bár a napközelükben csak 147 millió kilométernyire vannak a Naptól, körülbelül  $16\frac{2}{3}$  évvel később az Uranuson túl is elkalandoznak. Hullócsillagjai nem tömörülnek

<sup>1</sup> Az 1899-re jóslott megjelenése elmaradt, hihetőleg azon hatalmas háborgás folytán, melyet különösen Jupiter okozott a raj pályaelemeire.

a pályának *egy* helyén, hanem szétszórva a pálya tetemes részét töltik be, melyet a „gyűrű ék-kövének“ lehetne nevezni. Mint-hogy ennek több, mint két év kell, hogy egész terjedelmében átvonuljon a napközelségen, mely a Földnek november közepén elfoglalt helyével majdnem egybeesik: rendszerint kétszer vagy háromszor észlelhetjük a csillaghullást egyévi



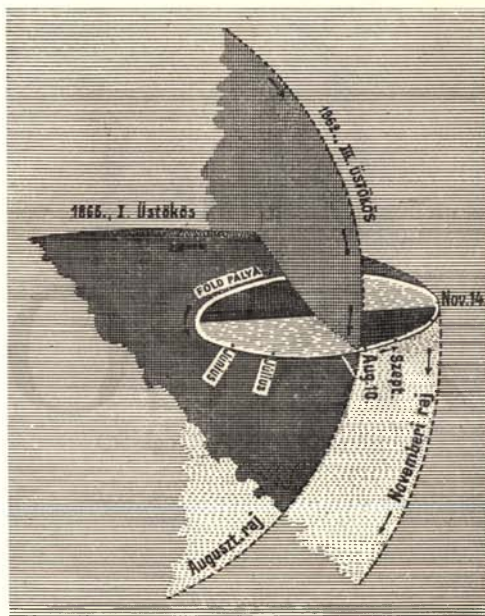
294. ábra.

Az 1866 I. üstökös és a novemberi hullócsillagok közös pályája.

időközökben, míg az egész meteorfelhő végighúzódik a napközelségen.

**Hullócsillagpályák a térben.** — Nem volna helyes rajzunkból azt következtetni, hogy a *Leonidák* a bolygópályák síkjában végzik útjukat; mert a mikor valamely bolygóéval egyenlő távolságra vannak a Naptól, a bolygótól valójában nagyon távol esnek; csupán a Földet és az Uranust közelíthetik meg

tetemesen. Ennek oka abban keresendő, hogy a novemberi raj pályája tetemesen, 17 fok szög alatt hajlik az ekliptikához. Helyzetét a térben megmutatja rajzunk, melyben két raj pályájának egy részlete látható és ezek közül a jobboldali a novemberi rajhoz tartozó. Hasonlókép a baloldali és majdnem függőleges sík egy másik hullócsillagpálya térbeli helyzetét jelzi, mely augusztus 10-ike körül keresztezi a Föld pályáját, miért



295. ábra.

Az augusztusi és novemberi meteorraj napközeli részei.

is a rajta keringő rajt augusztusinak, vagy kisugárzási pontjáról *Perseidák* rajának nevezik.

Mint a nyilak jelzik, mind a Perseidák, mind a Leonidák a bolygókkal ellenkező irányban keringenek, minél fogva a levegőhöz való ütődésökkor saját sebességök és a Földé összegeződik. A Leonidáknak ezen átlagos sebessége, másodpercenként 72 kilométer, elég nagy arra, hogy bármely meteorszerű tömeg néhány másodperc alatt elgőzölögjön;

ezért nem valószínű, hogy a Leonidák anyagából valamely részt felfedezhessünk. Az Andromedidák ütődésekor a sebesség sokkal kisebb, mert hátulról jöve érik utól a Földet. A meteorokövek végsebessége, melylyel a talajba furódnak, sohasem nagyobb, mint 50—100 méter, oly nagyfokú a levegő ellenállása; sőt néhány meteorokő, mely Svédországban, 1869 január 1-én leesett, néhány centiméter vastagságú jégről visszapatant és sem a jégtáblát át nem törte, sem maga darabokra nem zúzódott.

**Üstökösök és meteorok viszonya.** — Kevéssel azután, hogy a hullócsillagok szabályszerű pályafutásának fontos tényét felfedezték, még jelentősebb vonatkozást is kiderítettek: hogy a Perseidák és a Leonidák pályái teljesen azonosak két ismert üstökös pályájával. A Leonidák pályája egybeesik a TEMPEL-féle (1866 I.) üstökösével; a Perseidák ugyanazon úton haladnak a térben, a melyen SWIFT üstököse is jár (ismeretes mint 1862 III). Ez utóbbi, melynek keringési ideje körülbelül 120 év, a Neptunuson messze túl távozik; ugyanez áll a nyomában haladó hullócsillagokról is. Ezek sokkal egyenletesebben oszlanak el pályájuk mentében, mint a Leonidák és ezért nem is múlik el augusztus némi sziporkázás nélkül, bár félgömbünknek rövidebb éjszakáin a látvány nem fejlődhetik ki teljesen.

**Mik a hullócsillagok?** — Több más hullócsillag és üstökös vizsgálata hasonló eredményt szolgáltatott; így tehát most eléggé biztos azon következtetés, hogy ezek a hullócsillagok, és valószínűleg valamennyi ily természetű test előbbi üstökösök dirib-darab maradványa. E fontos elmélet beigazolódik, akár hátrafelé tekintünk az üstökös életében, akár előre. Ha hátrafelé tekintünk, látjuk, hogy az üstökösök szétfoszlanak; egynéhányat valóban „rajta kaptak“. Ha előre nézve várjuk, hogy a bomlás folyamata némely üstökösön és hullócsillagrajon jobban előrehaladott, mint másón, a tények a különböző rajok felléptével e feltevésnek teljesen igazat adnak. Azonkívül, mint később látni fogjuk, a laboratóriumainkban gőzzé változtatott meteorokövek és az üstökösmagvak szinképeinek fotografiái teljesen azonosak. Ebből az következik, hogy az üstökös magva nem más, mint meteor-részecskék raja, vagy felhője, mely a téren keresztül haladtában gözalakba ment át oly

körülmények között, melyekről még nincs teljes fogalmunk. Az üstökösök és hullócsillagok összetételének azonosságát régen gyanították, de teljesen csak 1885 november 27-én bizonyult be, midőn a Bielidák záporából Mexikóban a földre hullott meteorköveket felszedték; ezek chemiai és fizikai vizsgálata kétségtelenül kiderítette, hogy eredetileg az eltűnt *Bielaféle* üstökös részei közé tartoztak.

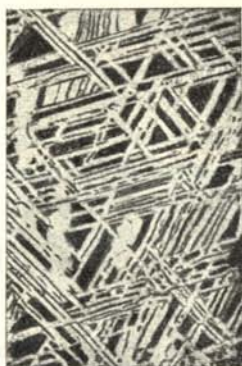
**Meteorkövek hullása.** — A meteoritek általánosságban két csoportra oszlanak; vannak (tulajdonképeni) meteorkövek és meteorvasak. Meteorköhullást sokkal többször észleltek, mint meteorvastömegek leérkezését. A legnevezetesebb meteorköhullás, melyet valaha tényleg láttak, Jowában történt 1879 május 10-ikén; a legnagyobb leesett kő 200 kilogrammos volt. Ez kétharmada az eddigelé felfedezett legnagyobb meteorkő súlyának, melyet azonban nem láttak esni, csak rábukkantak Magyarországon, 1866-ban.<sup>1</sup> Jelenleg a bécsi gyűjteményben őrzik. A vastömegek gyakran súlyosabbak; a „pecsétgyűrű“-meteorit, melyet Arizonában, Tucsonban találtak, tökéletes gyűrű, most az Egyesült Államok washingtoni nemzeti múzeumában van és 630 kilogrammos; egy Texasban talált, most a *Yale*-gyűjteményben levő meteorit 740, és az *Amherst*-gyűjteménynek coloradói meteoritje 200 kilogrammos. A természetrajzi gyűjteményekben százával található meteorvasak között azonban csak nyolcz, vagy tiz olyan van, melynek leesését látták.

A legnagyobb ezek közül 1865-ben Arábiában esett le és súlya 60 kilogramm. Most a britt múzeumban van. A tüzgömbök átlagos sebessége másodpercenként 56 kilométer. Körülbelül 110 kilométer magasságban kezdenek láthatókká válni és fél akkora magasságban már kialszanak. A légkör, midőn hirtelenül megakasztja mozgásukat, munkát végez, mely nagyrészt mint hő válik észrevehetővé; ez megolvasztja, fehér-izzóvá teszi a külső réteget, úgy hogy kihülés után vékony kéreg marad hátra, mintha fekete mázzal vonták volna be a meteorkövet. A meteorvason, a mennyiben rozsdá nem marta, mindig mély gödröket találunk, mintha lágy anyagban a hüvelykujj

<sup>1</sup> A knyahinai 1866. jún. 9-iki esést említi a szerző; súlya eredetileg 332 kg. volt.

nyomai maradtak volna. A meteorkövek mindig szabálytalan, sohasem gömbalakúak és bemélyedéseik részben apró légoszlopok nyomásától erednek, melyek a tűzgömb gyors haladásának útját állották.

**A meteoritek elemzése.** — A meteorvas ötvény; átlag 10% nikkelt tartalmaz, melyhez sokkal kevesebb kobalt, réz, ón, szén és még néhány más elem járul. A meteorvasat a földi vastól a WIDMANNSTÄTTEN-féle alakokról lehet megkülönböztetni, melyek savakkal való maratás következtében keletkeznek a csiszolt felszínen és oly próbául szolgálnak, mely



296. ábra.

Widmannstätten-féle rajzok.

ritkán csal. Rajzunk ez alakokat igazi nagyságban ábrázolja, valóságos „könyomat“, melyet az amhersti gyűjteményben levő egyik meteorvasnak savakkal kezelt felszínével készítettek. A meteorkövekben a kémiai vizsgálat szerint körülbelül egy harmadrésze van meg a Föld kérgét alkotó összes elemeknek. Ezek között megvannak a meteorvasakban található elemek is, továbbá kén, calcium, chlór, natrium és mások.

A meteorkövekben talált ásványok — mint az anamezit és láva — azok, melyekben a vulkáni eredetű földi sziklák bővelkednek. A szén a meteorkövekben olykor gyémánt alakjában található. A meteorkövek kémiai elemzésének néhány, az ásványtanban eddig ismeretlen kőzetet köszönhetünk, de új elem felfedezésére még nem vezetett és így tanulmányozásuk most

inkább a krisztallografusnak, a chemikusnak és mineralogusnak feladata, mintsem a csillagászé. A legszorgosabb kutatással sem sikerült bennök szerves életnek nyomát felfedezni.

A fémeknek, ezek között különösen a vasnak, jól ismert tulajdonsága a gázbezárkózás (occlusio), melynél fogva magas hőmérsékleten gázokat nyelnek el, melyeket ismét csak vörösizzásig hevítve bocsájtanak szabadon. A meteorvasakban mint bezárkózott gáz rendszeren jelen van a hidrogén, széndioxid, nitrogén, úgyszintén igen kis mennyiségben az újonnan felfedezett, heliumnak nevezett könnyű gáz. GRAHAM 1867-ben, a meteorokról tartott felolvasása alkalmával, a *Royal Institution* (a londoni kir. természettudományi társulat) egyik termét oly gázzal világítottatta, mely a bolygóközi térből meteorkő útján került a Földre.

Íme, végigmentünk a naprendszeren és most már a csillagrendszerhez tartozó testekre kell áttérnünk, és azokkal a nézetekkel megismerkednünk, melyeket az anyagi mindenség folyvást haladó fejlődésére vonatkozólag a természetfilozófusok vallanak.

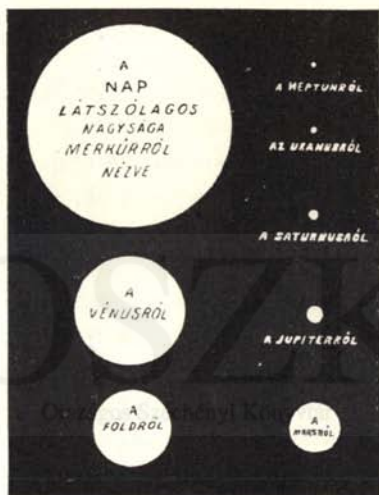
## XVI. FEJEZET.

### A CSILLAGOK ÉS A KOZMOGÓNIA.

Eddig főleg oly égi testekkel foglalkoztunk, melyek a naprendszerhez tartoznak. Úgy találtuk, hogy távolságok a felfoghatóság határán túl nagyobbodik, ha sorra vesszük először a szomszéd Holdat, azután a rendszer középponti gömbjét, mely 400-szor messzebb van, és végre a Napnál is 30-szor távolabb álló Neptunust, nem is szólva az üstökösökről, melyeknek némelyike még nagyobb messzeségbe kalandozik. De a naprendszeren kívül van még azt mindenünnen környező csillagvilág s a csillagok száma némileg mértéke annak az emberi észszel felérhetetlen távolságnak, mely a térben való szerény lakóhelyünket tőlök elválasztja.

**A csillagrendszer.** — E testek összessége alkotja a csillagrendszert vagy a csillagok világát. Magában foglalja a csillagokat és a ködfoltokat, nemcsak azokat, melyek pusztá szemmel láthatók, hanem azonkívül még sok százat és ezret, oly gyengéket is, melyek létezését csak a legnagyobb távesők és a legérzékenyebb fotograf-lemezek árulják el. A csillagok nagy távolsága már magában kizárja azt a feltevést, hogy a bolygókhoz hasonló alkotásúak, és hogy a Hold és a bolygók módjára a Naptól kapott fényben tündökölnék. Hiszen a Neptunus is rendszerünk határszélén már oly gyöngé fényű, hogy pusztá szem nem veszi észre. De a legközelebbi álló csillag mintegy 9000-szer akkora távolságú. Így tehát a tündöklő csillagok nagy fénye is már azt gyaníttatja, hogy legalább is saját fényük van, mint a Napnak, és ha spektroszkóppal ele-

mezzük fényöket, tényleg beigazul az a feltevés, hogy a csillagok napok. Észszerű következtetés tehát, hogy a Nap maga is állócsillag, melynek mindent homályba borító fénye és ránk, földlakókra vonatkozó nagy fontossága csupán közelségének tulajdonítható. E felfogást támogatja rajzunk: mert ha csak annyira távoznunk a Naptól, a mennyire a Neptunus áll tőle, tányérja majdnem ponttá zsugorodik össze, mely azonban még mindig szemképráztató. Ha pedig a legközelebbi álló-



297. ábra.

Neptunusról nézve Napunk fényes állócsillag.

csillagig folytathatnók utunkat, a Napot oly jelentéktelenné látnók, a milyen bármely közönséges csillag.

**A csillagok nagyságrendje.** — Mig a hatodrendű csillagok felhőtelen, sötét éjszakákon a rendes alkotású pusztá szemmel még épen láthatók, a távcsövel más és gyöngébb csillagok e határon messze túl nyomozhatók a tizenötöd rendűekig, sőt a legnagyobb műszerekkel még tovább is mehetünk. A csillagoknak felosztását nagyságrend szerint, az idő és a csillagászok sok nemzedékének szokása szentesítette. A csillagok fénye geometriai haladvány szerint fogy annak a számnak növekedtével, mely rendjét kifejezi. A haladvány állandó hánya-

dosa  $2^{1/2}$ , a mi azt jelenti, hogy az átlagos elsőrendű csillag  $2^{1/2}$ -szer nagyobb fényű, mint a másodrendű, ez  $2^{1/2}$ -szer több fényt ad, mint egy harmadrendű s így tovább. A *Harvard College* igazgatója, PICKERING számos esztendőt szentelt reá, hogy meridián-fotométerrel meghatározza az egyes csillagok rendjét. A nevezett műszerrel, mely az ő találmánya, bármely delelő csillag fényessége az egységül választott *Sarkcsillag*-éval közvetlenül hasonlítható össze.<sup>1</sup> Valamennyi csillag közül legfényesebb a *Sirius* és mivel hozzáfogható fényű csillag nincs, szoros értelemben egyetlen elsőrendű csillagnak kellett volna megtenni. De számos, nálánál sokkal gyengébb fényű csillagot szintén ez osztályba soroznak; ezek közül három oly fényes, hogy rendszáma (magnitudo) negatív, mint alábbi táblázatunkon látható. Tizedestörtek a fényesség minden fokozatának kifejezését lehetővé teszik. Még a Napnak mindent felülmuló fényességét is ugyanoly rendszer szerint jelezhetjük; nagyságrendjének kifejezésére a — 25·4 szám szolgál.

**A legfényesebb csillagok.** — Húsz csillagot szokás elsőrendűnek számítani; e szám fele az ég északi félgömbjén található.

A legfényesebb csillagok nagysága.

Sor-száma	Nagyságrendje	A csillag neve	Sor-száma	Nagyságrendje	A csillag neve
1	−1·4	α Canis Majoris (Sirius)	11	0·9	α Orionis (Betelgeux)
2	−0·8	α Argus (Canopus) *	12	0·9	α Crucis *
3	−0·1	α Centauri *	13	0·9	α Aquilae (Altair)
4	0·1	α Aurigae (Capella)	14	1·0	α Tauri (Aldebaran)
5	0·2	α Bootis (Arcturus)	15	1·1	α Virginis (Spica)
6	0·2	α Lyrae (Vega)	16	1·2	α Scorpii (Antares)
7	0·3	β Orionis (Rigel)	17	1·2	β Geminorum (Pollux)
8	0·4	α Eridani (Achernar) *	18	1·3	α Piscis Australis (Fomalhaut)
9	0·5	α Canis Minoris (Procyon)	19	1·3	α Leonis (Regulus)
10	0·7	β Centauri *	20	1·4	α Cygni (Deneb)

A \* jelűek nálunk láthatatlanok.

<sup>1</sup> Hasonló méréseket végzett ékfotométerrel az angol Oxfordban Pritchard és valamennyinél pontosabb azon nagyszámú megfigyelés, melyet Zöllner-féle fotométerrel Potsdamban Müller és Kempf végzett. R.

E csillagok elhajlásukhoz képest különböző magasságban delelnek oly órában, mely az év különböző részeiben egyre változó, de mely a csillagtérképekről (58. és 60. lap) meghatározható.

**A csillagok száma.** — A húsz elsőrendű csillagon kívül nemcsak körülbelül 6000, pusztán szemmel látható kisebbrendű, továbbá sok százezer, közép nagyságú távcsővel észrevehető, hanem sok millió olyan csillag is van, melynek létezését csak a legnagyobb távcső árulja el. Gondos számlálásból, melyet részben GOULD végzett,<sup>1</sup> kitűnt, hogy az egymásután következő csillagrendekbe sorolt csillagok számai közelítőleg geometriai arányban növekednek. Van ugyanis

I. rendű	20	VI. rendű	5000
II. „	65	VII. „	20000
III. „	200	VIII. „	68000
IV. „	500	IX. „	240000
V. „	1400	X. „	720000

Bármely két hüvelykes (5 cm.) nyílású üveg feltárhatná mind e csillagokat. De hogy a még gyöngébb csillagok megszámlálhatatlan millióit megpillantsuk, a legnagyobb műszerekhez kell folyamodnunk, milyen a *Lick*- és *Yerkes*-csillagvizsgálók távcsöve. Megközelítő számukat nem valóságos számlálással határoztuk meg, hanem becsléssel, mely azonban az ég különböző részein kiszemelt jellemző területek csillagainak tényleges megszámlálásán alapul. A jelenlegi távcsöveinkkel meglátható csillagok száma talán meghaladja a 125 milliót. De a távcső magában, bármilyen hatalmas is, nem fedezhet fel valami lényeges különbséget a gyengén világító testeknek e nagy sokaságában; látszólag valamennyi oly hasonló egymáshoz, mint a borsó- vagy rizsszem. Igen alapos okaink vannak arra a feltevésre, hogy a sötét vagy nem világító csillagok sokszorta számosabbak a láthatóknál, sőt újabb kutatások sok ily láthatatlan test létezését teljes bizonyosságra emelték.

<sup>1</sup> A csillagászati statisztikát a nagy Herschel kezdte; Argelander, Maedler, Schönfeld, Seeliger bőven kivették részüket a nagy munkából.

**A csillagok összesített fénymennyisége.** — ARGELANDER kitünő német csillagász az északi féltekének és a déli szélesség első 1 fokos övének valamennyi csillagjáról jegyzéket és térképet készített. Határu a  $9\frac{1}{2}$ -rendű csillagokat tekintette s ily módon összesen több, mint 324,000 csillagot hozott össze. Ha egységül a hatodrendű csillag fényességét vesszük és erre viszonyítjuk az ARGELANDER jegyzékében foglalt valamennyi fényesebb csillag fényét, ezek együttesen oly fénymennyiséget adnak, mely 7300 hatodrendű csillagnak felel meg. De kiszámítható, hogy ezen terjedelmes jegyzék teleszkópi csillagai több, mint háromszor annyi fényt szolgáltatnak, mint a szabad szemmel láthatók. E szerint a pusztán szemmel láthatatlan csillagok, sokszor nagyobb számuk miatt, nagyobb fénymennyiséget küldenek hozzánk, mint a láthatók. Ha már most felteszszük, hogy a déli ég ép oly sűrűn van telehintve csillagokkal, mint az északi, az egész égboltozaton a  $9\frac{1}{2}$  nagyságrendig mintegy 600,000 csillag volna, és a számítás szerint e csillagok összes fénymennyisége a telthold átlagos fénymennyiségének  $\frac{1}{80}$  része.

**A csillagok színe.** — Sok csillagra nézve jellemző a színek határozott különbsége. Így például a *Sarkesillag* és *Procyon* fehér, *Betelgeuze* és *Antares* vörös, *Capella* és *Alfa Ceti* sárgás, *Vega* és *Sirius* kék. A távcsövel látható csillagok közül elég sok a sötét vérvörös; ezeknek tekintélyes száma változó fényű csillag. A csillagok valódi színeit csak akkor figyelhetjük meg megbízhatóan, ha a csillag magasan van a szemhatár felett, mert a légkörnek tetemes vastagsága az ég alján a kék sugarak tetemes elnyelését okozván oda hat, hogy a csillagok sokkal vörösebbeknek látszanak, mint a milyenek. Az ikercsillagok (496. lap) színének felismerése könnyebb, mert számos ikercsillag egyes tagjainak kiegészítő színök van, azaz olyan, melyeknek egymással való összekeverése fehér fényt ad. Ha valamely ikercsillag összetevői körülbelül egyforma fényességűek, a szín is rendszeren ugyanaz; ha a kísérő sokkal gyengébb fényű, úgy gyakran a főcsillag kiegészítő színe felé hajlik, mely mindig a színek kék végéhez áll közelebb. A kiegészítő színeket jobban látjuk, ha az illető csillagnak képét kissé a gyújtóponton kívül figyeljük. A következőkben néhány ikercsillag színét közöljük:

$\gamma$ Cassiopeiae, sárga és bíbor . . . .	4	és $7\frac{1}{2}$ rendű
$\gamma$ Andromedae, narancsszín-sárga és zöld	$3\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$
$\epsilon$ Cancri, narancsszín-sárga és kék . . .	$4\frac{1}{2}$	6
$\alpha$ Herculis, narancsszín-sárga és zöld .	3	6
$\beta$ Cygni, sárga és kék . . . . .	3	7

Némi bizonyossággal állithatni, hogy vannak csillagok, melyek színe hosszú időközökben változik. Így a *Sirius* két évezreddel ezelőtt vörös volt, most kékesfehér. Vajjon következtethetni-e a csillag színéből korára, vagy hőmérsékletére: még nem sikerült teljesen tisztázni; valószínű, hogy a csillagok légkörének alkotásával színök is változik.

**Csillagjegyzékek és térképek.** — Földrajzi helységnévtárban lapozgatva, nagyon sok városnak nevére akadunk, és mindegyik mellett megvan a város szélessége, vagyis az egyenlítőtől való távolsága, továbbá hosszúsága, vagyis az egyenlítőn valamely kiinduló ponttól, vagy 0 meridiántól mért ívtávolsága. Ezeket az íveket a Föld felületén mérik. Ha most előveszszük a térképet, megtaláljuk a névtár adatai szerint a keresett várost és talán a szomszédságában pontos viszonylagos fekvésben lerajzoltak közül is nem egyet. Hasonlóképen az ég valamennyi fényesebb csillagát is, pontos kölcsönös helyzetben, térképekre és fotográfiai lemezekre rajzolták. Sok esetben már ezek is útba igazíthatnak bennünket, de nem mindig. Ha nagyobb szabotosság szükséges, az égnek helységnévtáraihoz, az úgynevezett csillagjegyzékekhez (csillagkatalogus) kell folyamodnunk. Itt megtalálhatjuk valamely csillag koordinátáit, azaz egyenes emelkedését (rectascensio) és elhajlását (declinatio), melyek teljesen megfelelnek a földi hosszúságnak és szélességnek. De csakhamar azt a sajátságos különbséget találjuk a földi hosszúság és az egyenes emelkedés között, hogy ez utóbbi idővel majdnem minden esetben folytonosan növekedő, míg valamely hely hosszúsága mindig változatlan marad. A csillagoknak egyenes emelkedésük irányában való folytonos elmozdulása főleg a praecessiónak következménye. Olyan jelenség ez, mint ha Greenwich vagy Washington — szóval a kezdő meridián — szünet nélkül nyugat felé mozdulna, de oly lassan, hogy csak 26,000 esztendő alatt járná körül a földgolyót.

**Praecessio és alapkatalógusok.** — HIPPARCHOSZ (Kr. e. 130.) volt az első, ki az összes csillagoknak ezen látszó folytonos helyváltozását felfedezte. Részben ez okból 1080 csillagot magában foglaló jegyzéket készített — az elsőt, melyet valaha összeállítottak —, hogy az utána következő csillagászok, a maguk térképét és jegyzékét az övével összehasonlítva, a csillagok seregében netalán végbemenő változásokat kideríthessék. Versenytársa nem akadt a XV. századig, a mikor ULUGH BEG arab csillagász (Kr. u. 1420) a második csillagjegyzéket szerkesztette. Azóta a megfigyelési módszerek és a megfigyelések feldolgozásának menete nagy mértékben tökéletesbültek. Most már körülbelül 100, a keleti és nyugati félgömb csillagászaitól szerkesztett terjedelmes csillagjegyzékkel rendelkezünk és majd nemsokára minden, az éggömbön mérsékelt méretű távcsővel felkutatható csillag helyzetét csillagászati pontossággal ismerjük. Némely nagyobb állami csillagvizsgáló saját megfigyeléseit évenként újabb csillagjegyzékben közli; ezen jegyzékek egybevetésével más, és pontosabb, úgy nevezett alapjegyzéket (fundamentális katalógus) szerkesztenek, főleg az állatövi csillagokról. Ezekből leolvashatjuk a csillagok átlagos vagy középhelyeit bizonyos év kezdetére vonatkozólag, mely a jegyzéknek úgynevezett epochája. Bármely adott időnek megfelelő hely az epocha előbbrevitelével és a praecessio, aberratio és nutatio miatt szükséges javítások tekintetbe vételével kiszámítható. Az ekkép javított középhely a csillagnak úgynevezett látszó helye. Alapjegyzékekre vonatkozó kérdésekben az amerikai csillagászok között NEWCOMB, BOSS és SAFFORD a főtekintélyek.<sup>1</sup>

**Az egész ég fotografiai térképe.** — GILL DAVID jóreményfoki királyi csillagász indítványára 1887-ben nemzetközi csillagászati kongresszus gyűlt össze Párisban, mely az egész égboltozat fotografiai térképének felvételét készítette elő. A térképek elkészítése 18 csillagvizsgáló intézetre van bízva, melyeknek egyharmada a déli féltekén van. Ez intézetek lényegileg egyforma, 13 hüvelykes (33 cm.) refraktorokkal rendelkeznek;

<sup>1</sup> Európában különösen Auwers Berlinben és Becker Strassburgban.

a felvétel tartama olyan, hogy a 14-ed-rendű csillagok is rögzíthetők, összesen tehát valószínűleg több, mint 50 millió csillagnak nyoma marad. A 11-ik rendig bezárólag a körülbelül 2.000.000 csillagot megszámlálják, helyöket meghatározzák és jegyzékbe foglalják. Minden egyes fotográfia négy négyzet-foknyi területet ölel fel és minthogy kettős felvétel szükséges, a lemezek összes száma nem lesz kevesebb, mint 25.000. A csillagok e részletes térképének összes költsége mintegy 10 millió koronára rug. Az Egyesült Államok csillagvizsgálói nem vesznek részt ezen különben nemzetközi munkálatban, de BRUCE kisasszony bőkezűsége<sup>1</sup> következtében a *Harvard College* csillagvizsgálója, melynek Peruban is van fiókja, arra vállalkozhatott, hogy függetlenül és jobban a részletekbe bocsátkozva az egész égboltozat érdekesebb tájait vizsgálgassa. Műszere a BRUCE-féle fotográfiai távcső, melynek optikai rendszere négy, egyenkint 24 hüvelyk (61 cm.) nyílású lencsesorozatból áll. E nagy műszer segítségével nemrég készült térképnek egyik részletét bemutatjuk. A lemezek mérete  $35\frac{1}{2} \times 43$  cm. és körülbelül kétezer kell, hogy az egész égboltozat fotografozására elegendő legyen. Az eredeti lemezen, melynek egy részét rajzban közöljük, 400.000 csillagot olvastak meg. Említendő KAPTEYN is, ki a Jóreményfokon felvett fotográfiákon 300.000 csillag helyét kimérte és jegyzékbe foglalta.

**A csillagok saját mozgása.** — Ha PTOLEMAEUS vagy KEPLER, vagy a mult idők bármelyik nagy csillagásza feltámadna, és a csillagokat és csillagképeket úgy vizsgálná, mint annak idejében tette, nem vehetne észre változást sem a csillagok fényességében, sem egymáshoz való helyzetökben. Ebből tehát úgy látszik, hogy joggal nevezték el *állócsillagoknak*. De ha pontosan összehasonlítjuk a csillagok másfél század előtt megfigyelt egyenes emelkedését és elhajlását mai helyökkel, úgy találjuk, hogy igen nagy változások történnek, de ezen, az éggömbön képzelt körökre vonatkozó helyváltozások főleg a napéjegyenségi pontok hátrálásából erednek. A mi változás még fenmarad a csillag egyenes emelkedésében, ha

<sup>1</sup> Gazdag hölgy, a ki számos intézetet — európaít is — kitünő műszerekkel látott el. Meghalt 1900-ban.



298. ábra.

$\eta$  Carinae (Eta Argus) környezete ; AR = 10h 41<sup>m</sup>, Decl = -59°.  
(BAILEY fotográfiája a Bruce távcsővel 1896-ban, négy órai kintartással.)

a praecessiót és az aberratiót teljesen számba vettük, azt az egyes évekre felosztva a csillag évi saját mozgásának nevezük egyenes emelkedésben. Hasonló módon értelmezzük az elhajlásban mutatkozó saját mozgást is. A saját mozgás egyszerűen a helyzetnek szögváltozása merőlegesen a látóvonalra és a csillag valódi térbeli mozgásának, esetleg csak kis töredékének felel meg.

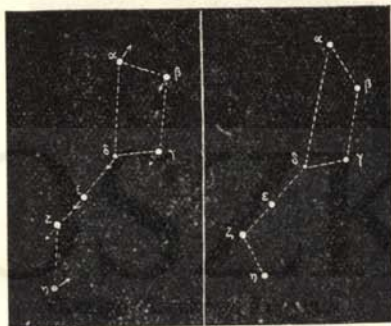
Egészben a fényesebb csillagok saját mozgása a gyengébbekét fölülmulja, mert amazok közelebb vannak hozzánk, a saját mozgás pedig a Napnak a térben és a csillagoknak egymás között való mozgásából származó *eredő mozgás*. A két összetevő utólag egymástól elkülöníthető. Azonban az eddigelé ismeretes legtetemesebb saját mozgás, melyet a déli féltéke PICTOR csillagképének egyik, nyolczadrendű narancsszín-sárga csillagán észleltek, nem egészen  $9''$ ; két évszázad fog eltelni, míg ez a csillag a holdtányér átmérőjével mozdul ki jelenlegi helyéből. Az elsőrendű csillagok átlagos saját mozgása  $0.25''$ , a hatodrendűeké pedig hatszor kisebb. Európai csillagászok közül AUWERS foglalkozott legtöbbit efféle kritikai tanulmányokkal, az amerikai PORTER pedig a csillagok saját mozgásainak jegyzékét tette közzé.

**A csillagképek évszázados változásai.** — A csillagképhez tartozó egyes csillagok saját mozgásainak összegeződése 2000 esztendő lefolyása alatt alig idéz elő szabad szemmel észrevehető változást. De ha 15—20-szor nagyobb időközöket tekintünk, a jelenleg ismert csillagképek sok esetben ugyan csak eltorzulhatnak.

Különösen áll ez *Cassiopeia*-ról, *Orion*-ról és a *Nagy-Gönczöl*-ről. Ez utóbbinak bal oldali és jelen állapotát feltüntető rajzában minden egyes csillagnál nyíl van, mely mozgásának irányát és 40,000 év alatti nagyságát mutatja. A szomszéd, jobb oldali rajz (PROCTOR nyomán) ugyanazon csillagképet ábrázolja a most mondott idő eltelte után. Erősen torzult ugyan, de még mindig felismerhető. Mint a nyilak irányából kitűnik, a szélső csillagok, *Alfa* és *Éta* a többiek irányával majdnem ellenkezőleg haladnak, a mit spektroszkóppal történt megfigyelések is megerősítenek. Minthogy az öt közbeeső csillag színképe egészen azonos, igen valószínű, hogy eredetileg vala-

mely fizikailag összefüggő rendszernek voltak részei. A *Pleiádok* (*Fiastyúk*) fényesebb csillagainak legtöbbje szintén egy és ugyanabban az irányban mozog és a saját mozgások ily közösségét csillagvonulásnak (csillag-drift) nevezhetjük.

**A Nap mozgásának iránypontja.** — Ha a városi elektromos kocsí hátulsó állóhelyéről hátrafelé nézünk, úgy gondoljuk, hogy menetközben a sínek gyorsan egymásfelé futnak. Ha a kocsí elülső állóhelyén vagyunk, épen az ellenkezőt fogjuk tapasztalni; úgy látszik, mintha a sínek ugyanazon sebességgel széttárulnának és eltávoznának egymástól. Hasonló módon az éggömb egy bizonyos tájékán az állócsillagokon is,



299. ábra.

A Gönezől szekere ma és 40,000 év múlva.

tömegesen vizsgálva, a saját mozgásnak egy közös elemét találjuk, mely befelé, egy középpont vagy pólus felé irányul, míg az ellenkező tájékon úgy látszik, mintha a csillagok sugárasan kifelé futnának, mint kerék agyából a küllők. E kettős jelenség magyarázatát a Nap százados mozgása szolgáltatja, mely a világtéren át magával viszi a bolygókból, holdjaikból és üstökösökből álló egész családját. Az a középpont, vagy sark, mely felé a naprendszer halad, a Nap cél- vagy iránypontja, (*apex*) és L. STRUVE, BOSS és PORTER legújabb kutatásai szerint e pont közel egybeesik a *Vega* csillaggal. Hasonlóképen azon pont, melytől a Nap eltávozik, az antiapex; ez nagyjában véve a *Sirius* és *Canopus* összekötő vonalának felező pontja. Oly mérhetetlen nagy a pálya, melyet a Nap így bejár,

hogy az egyenes vonaltól való eltérését még nem lehetett észrevenni, noha mozgásának sebessége másodpercenként körülbelül 19 kilométer.<sup>1</sup>

Az itt előadott eredményeket igazolja úgy a csillagok saját mozgásainak elemzése, mint a spektroszkóp, melynek segítségével a csillagoknak előre és hátrafelé való viszonylagos mozgásait tanulmányozhatjuk. Eddigél azonban még mi sem mutat egy „központi Nap“ létére, mely a XIX. század közepének nagyon kedvelt feltevése volt. A Napnak világtérbeli mozgása nem befolyásolja a körülötte való bolygó és üstökös család kölcsönös vonatkozásait és csak annyit ered-



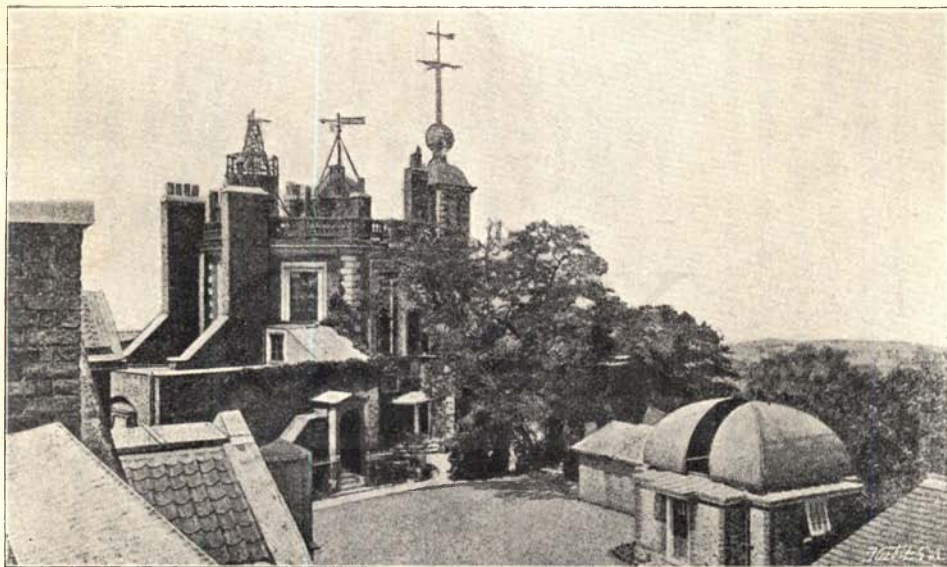
300. ábra.

A Föld csigavonalú útja a térben.

ményez, hogy minden körüli keringő test pályája, mint rajzunk mutatja, a csillagok terében óriási méretű csavarvonallá húzódik ki.

**Csillagmozgások a látás vonalában.** — Tegyük fel, hogy egyenletesen csörgedező patak fölött, hidon állva papirszeletkéket látunk, melyeket 15 másodpercznyi időközökben tovasodor a hullám. A patak mentén felfelé haladva, ráakadunk a papirszeletek forrására; valamely számkedvelő gyermek szabályos időközökben percenkint négyet a vízbe dobott. Megkérjük,

<sup>1</sup> A Nap saját mozgását a térben először az idősebb Herschel fedezte fel. Argelander, Maedler és újabb időben különösen Kobold foglalkozott a kérdéssel. Spektroszkópi megfigyelések útján először Revizor vezette le a Nap sebességét, újabban sokkal pontosabban az amerikai Campbell.



301. ábra.

A greenwichi királyi csillagvizsgáló (Igazgatója W. H. M. CHRISTIE F. R. S. Royal Astronomer)

II. Károly alapította 1675-ben, főleg az égi testek mozgásairól való ismereteink gyarapítására és a tengerjáró hajók helyzetének meghatározására való módszerek tökéletesítése céljából. Most azonban számos más fontos feladata is van ez obszervatóriumnak.

hogy programján kissé változtatva, két perczig sétáljon a patak mentében lefelé, azután ugyanakkora sebességgel térjen vissza eredeti helyére és ezt a sétát ismétlje több ízben, mindig arra ügyelve, hogy a papirszeletkéket épen akkora időközökben dobja a vízbe, mint eddig tette. Visszatérve a hidra, hogy megfigyeléseinket folytassuk, úgy látjuk, hogy a szeletkék már nem követik egymást — mint előbb — 15 másodpercznyi időközökben, hanem ennél kevesebb idő telik el, mikor a dobáló ifjú a vízfolyás irányában megy, és megfelelő módon több, ha ellenkező irányban mozog. Meghatározva a 15 másodpercztől való eltérés nagyságát, a fiú járásának sebességét is kiszámíthatjuk. Hasonló módon áll a dolog a Föld irányában haladó, vagy tőle eltávozó csillag-mozgásokra nézve; a fiú helyett képzeljük a mozgó csillagot és a papirszeletkék helyett a belőle kiinduló fényhullámok hegyeit. Midőn a csillag közeledik felénk, minden másodpercz alatt a rendesnél több hullám érkezik hozzánk és minden egyes vonal a csillag szinképében eltolódik az ibolya szín felé. Hasonlókép tolódik a vonal ellenkező irányban a vörös vég felé, midőn a csillag eltávozik tőlünk. Ezen mozgás okozta fénymódosulást DOPPLER ismerte fel legelőbb (1842-ben); ezért beszélünk „Doppler elvéről“. Az idevágó kutatások nagy helyet foglalnak el az itt lerajzolt] greenwichi és a (3. lapon bemutatott) YERKES-csillagvizsgáló munkarendjében.<sup>1</sup>

A szinképnek ily czélból való megfigyelése rendkívül kényes dolog; mindazonáltal sikerült körülbelül 100 csillagnak a naprendszer felé tartó, vagy tőle eltávozó mozgását meghatározni, még pedig az eltolódás fokából, melyet a csillag szinképi vonalai a megfelelő földi anyagok gőzeinek vonalaihoz képest elszenvednek. A sebességek értékei 2—3 kilométerig pontosak. Azon csillagoknál, melyek nem az ekliptika sarkaiban, vagy ezek közelében vannak, némi javítást kell alkalmazni, mely a Földnek keringési sebességétől függ. Ha ez megtörtént, csak kevés csillag marad, melynek mozgása a látás vonalában másodperczenkint 40 kilométert meghaladna.

<sup>1</sup> Németországban a legkitünőbb sikerrel Potsdam foglalkozik az idevágó megfigyelésekkel.

**Egyes csillagok sebessége.** — Idevágó kutatásokat főleg HUGGINS végzett Londonban, MAUNDER Greenwichben, VOGEL Potsdamban, továbbá KEELER és CAMPBELL a *Lick*-csillagvizsgálón. Közöljük azon csillagokra vonatkozó értékeket, melyeknél a megfigyelések jól egyeznek egymással:

A látóvonal irányában való mozgások.

A csillag neve	Helyzetete 1900-ban		Sebesség a Naphoz <sup>1</sup> vagy a Naptól kilométerekben
	R. A.	Decl.	
Alfa Arietis . . . . .	2 ó. 2 p.	É. 22° 59'	— 19
Aldebaran . . . . .	4 30	É. 16 18	+ 50
Rigel . . . . .	5 10	D. 8 19	+ 22
Betelgeuze . . . . .	5 50	É. 7 23	+ 28
Gamma Leonis . . . . .	10 14	É. 20 21	— 40
Spica . . . . .	13 20	D. 10 38	— 17
Alfa Coronac . . . . .	15 30	É. 27 3	+ 33
Altair . . . . .	19 46	É. 8 36	— 38

Ezek körülbelül egy tizedrészét teszik a sikerrel meghatározott összes sebességeknek. A szinképi fotográfia nagyban fokozta e fölötté kényes megfigyelések sikerét és pontosságát.

**Kapcsolat a csillag fénye és távolsága között.** — Ha minden csillagnak valódi nagysága és fényereje ugyanaz volna, a látszó fényesség irányukkal egybevetve lehetővé tenné annak meghatározását, hogy mily módon rendeződnek el a csillagok a világtérben. De minden ilyen feltevés alap nélkül való és hibás következtetésekre vezet. Az a kevés, a mit eddig a csillagok valódi távolságáról és mozgásáról tudunk, nagyságrendjükkel egybevetve, meggyőzőleg bizonyítja, hogy a gyöngébb fényű csillagok közül számos aránylag közel van a naprendszerhez, és hogy több nagyon fényes csillag rendkívül messze van, tehát kivételesen nagy terjedelmű és tömegű. Tehát a látszó fényesség nem biztos ismertető jele a távolságnak. A kutatás e tere oly tág, és az idevágó kérdések oly bonyolódottak, hogy eddig kevés biztos eredményt értünk el. A mit igazán tudunk, az egyetlen rövid mondatba foglalható

<sup>1</sup> Negatív előjel közeledést, a pozitív távozást jelent.

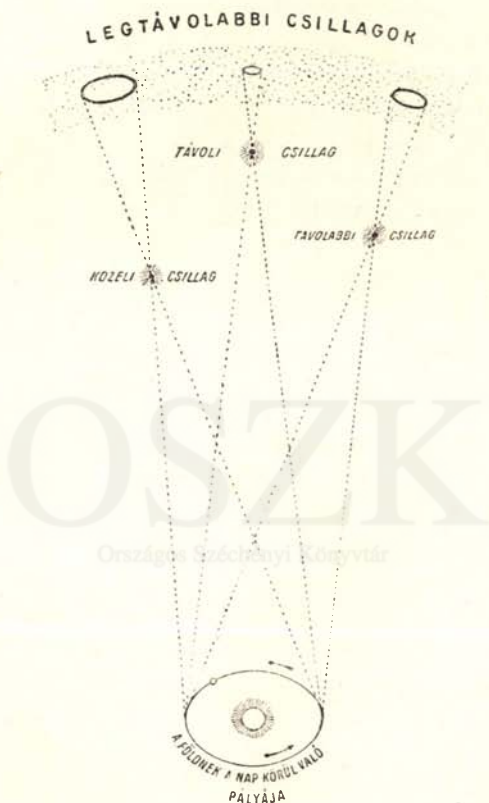
össze. Csak egész általánosságban áll, hogy a fényes csillagok közelebb vannak és nagyobbak, mint a gyöngéeknek nagy serege; és ha ezt mint szabályt mondjuk ki, igen szembeötlő és lényeges kivételek is vannak. Tudásunk inkább tagadó, mint állító; bizonyosak lehetünk benne, hogy (1) a csillagok korántsem egyenlő eloszlásúak a világtérben és (2) valódi fényök és nagyságok korántsem egyforma.

**A csillagok távolságának meghatározása.** — Gondoljunk vissza a Földre és a Holdra; a Hold távolságát úgy határoztuk meg, hogy helyzetének a csillagok között való eltolódását mértük két csillagvizsgálóból, melyek a Föld valamely átmérőjének végpontjain, vagy e pontokhoz lehetőleg közel vannak. De Földünk oly kicsiny, hogy valamely csillagról nézve még az egész átmérője is végtelen kis mennyiségnek látszanék; ezért más alapvonalat kell keresnünk. Egyetlenegy kínálkozik, mely 25,000-szer nagyobb ugyan, de mégis alig elég hosszú, hogy kellően alkalmazható legyen.

Képzeljünk a Föld helyett akkora gömböt, hogy legnagyobb köre oly nagy legyen, mint a Nap körül vezető pályánk. Egy átmérő végpontjaiból, hová hat havi időközökkel jutunk, ép úgy mérhetjük valamely csillag helyzetváltozását, mint a hogyan a Holdét a két állomásból mértük. Ekkor úgy találjuk, hogy a helyzetváltozás fele ép úgy adja a csillag parallaxisát, a hogy a Hold fél helyzetváltozása a Hold parallaxisát szolgáltatta. És valamint a Holdról, a Napról és a bolygók-ról szólva a *napi parallaxis* kifejezést használjuk, úgy a csillag *évi parallaxis*-ának mondhatjuk azt a szöveget, melyet a csillagtól a földpálya sugarának végpontjaihoz húzott egyenes vonalak alkotnak.<sup>1</sup> A csillag évi parallaxisának mérése a legnehezebb feladatok egyike, a melyekkel a gyakorlati csillagásznak meg kell birkóznia. A megméréendő szög oly kicsiny, hogy teendőnket olyanformának képzelhetjük, mintha a rab, ki csak cellája ablakán tekinthet ki, a legfinomabb műszereket azzal a kényszerparancsossal kapná, hogy megmérje valamely hegynek távolságát, mely 30 kilométernyire van tőle.

<sup>1</sup> Más szavakkal az évi parallaxis azon szög, mely alatt az ekliptika felett álló csillagról a Nap és Föld távolsága látszik.

**A csillag parallaktikus ellipszise.** — Könyvet állítsunk függőlegesen az asztra és nézzük körülbelül 6 decziméter távolságból. A szemünk és a könyv között az előbbtől először 15, azután 30, végtére 60 centiméternyire tartsuk nyu-



302. ábra.

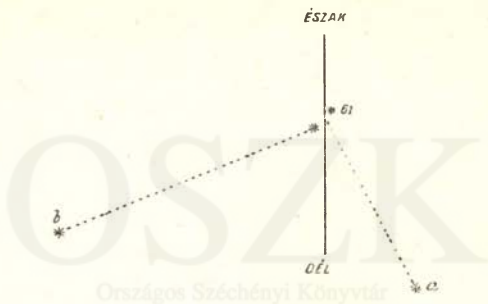
Közeli csillag nagyobb méretben utánozza a távoli csillagok között a Föld útját.

godtan a czeruza, vagy a toll hegyét, és minden állásában 5 centiméter átmérőjű, lehetőleg függőleges körben mozgatva körüle a fejünket, figyeljük meg, milyen nagyságú kört vetit a toll vagy czeruza hegye a könyvre. Csakhamar észreveszszük, hogy e kör annál kisebb, minél messzebb van a tollszár, vagy

a czeruza a szemüinktől. Most képzeljük a szem helyett a pályáját befutó Földet (mint rajzunk alsó része ábrázolja), a toll hegye helyett a három csillagot és a könyv helyett a legtávolabbi csillagokat. A Föld keringésének nyilván az a következménye, hogy a csillagok látszólag ellipszis alakú utakat járnak be, melyeknek nagysága pontosan fordított arányban van az illető csillagoknak a naprendszerrel való távolságával. A csillag parallaktikus ellipszisének külpontossága épen akkora, mint a 171. lapon már ábrázolt aberrációs ellipszisé: az ekliptika sarkában levő csillag útja kör, az ekliptikában levő csillagok egyenes vonalban egyszerűen ide-oda lengenek. A közbeeső szélességű csillagok mindegyikének útja oly ellipszis, melynek külpontossága a szélességtől függ. Két fontos különbség azonban szem előtt tartandó: (1) az aberrációs ellipsziszben a csillag valódi helyzetéből 90 fokkal tolódik el a haladás irányában, a parallaktikus ellipsziszben pedig 180 fokkal; (2) az aberrációs ellipszisz nagy tengelye valamennyi csillagnál ugyanaz, a parallaktikusé fordítva arányosan változik a csillag távolságával. Ha az utóbbi ellipszisz nagy tengelyét megmértük, azt is megtudhatjuk, hogy milyen messze van a csillag, mert az alapvonal a Föld pályájának átmérője. Ezt az eljárást különbségi (differentialis) módszernek hívják, mert nem magát a csillagparallaxist szolgáltatja, hanem a maga és a legtávolabb álló csillag zérusnak vett parallaxisa közötti különbséget. A csillagok távolságának kutatásával nagy sikerrel foglalkozott GILL Fokvárosban és ELKIN a *Yale*-csillagvizsgálón. Heliométerrel elért eredményeiket nagy pontosság jellemzi.

**61. Cygni távolsága.** — A 61. *Cygni* névvel jelölt csillag híressé vált, mert ez az első csillag, melynek távolságát sikerült megmérni. A csillagok világáról való ismereteinknek e nagy haladása 1840 körül BESSEL-nek, a kitünő német csillagásznak köszönhető, a kit gyakran a gyakorlati csillagászat atyjának neveznek, mert számos messzeható javítást végzett a csillagászati kutatásokban, s ezzel az eredmények nagyobb pontosságát érte el. Az említett csillag kettős, és mint ábránkon látható, az (észak-dél) órákörhöz szög alatt hajlik. Két apró csillag *a* és *b* ugyanabban a látómezőben az ikercsillaghoz majdnem derékszög alatt áll; ezekről BESSEL joggal feltehetette, hogy

61. Cygni-nél jóval távolabb vannak. Hat hónapi időközökkel az ikercsillag összetevőinek és mindegyiknek az *a* és *b* csillagoktól való távolságait ismételten megmérte. Méréseinek egybevetéséből arra az eredményre jutott, hogy ama lemért távolságok az év folyamában megváltoznak és hogy a változás épen olyan természetű, a milyennek a csillag és az ekliptika kölcsönös helyzetéből BESSEL előre várhatta. A változás megmért nagysága az alap, melyen a csillagnak naprendszerünk-től való távolságát kiszámíthatta. Ily természetű vizsgáldásokban többek között főleg PRITCHARD újabban jó sikerrel alkalmazta a fotografiát, a mivel az eredmények pontossága is növekedett.



303. ábra.

Így mérte BESSEL 61 Cygni távolsát.

**Milyen a csillagok távolsága?** — A legközelebbi állócsillag az *Alfa Centauri*, a déli ég legfényesebb csillaga. Parallaxisa  $0.75''$ , és naprendszerünk-től 275,000-szer távolabb van, mint a Nap a Földtől. De az ilyenféle számadatnak egyszerű ideiktatása igen kevés haszonnal jár; hogy értelmét felfogjuk, más módhoz kell folyamodnunk. Először is képzeljük, hogy az egész naprendszert oly apró köröcske képviseli, a milyen ezen *i* betű fölött a pont. Ily rendkívüli kicsinyített léptékű képen magát a Napot a leghatalmasabb nagyítóval sem lehetne észrevenni. De ha ugyanezt az arányt betartva, a Nap körül kört húzunk, mely az Alfa Centauri-ig ér, ez alig férne el valamely három méter falhosszszal bíró szoba padlóján. Vagy talán még érthetőbb a dolog, ha gömböket arányítunk egymáshoz. Képzeljük oly gömböt, melyben a naprendszer

valamennyi bolygója elfér, melynek sugara tehát akkora, mint a Neptunusnak távolsága a Naptól. Gondoljuk el, milyen kicsiny a Föld az ily gömbhöz mérten. Azután képzeljük, hogy az égbolt minden csillagját a legközelebbi csillag távolságára közelítve elhelyezzük oly gömb felületén, melynek sugara az Alfa Centauri távolságával egyenlő. Ekkép oly nagyméretű éggömböt kapnánk, mely a naprendszer magában foglaló gömbhöz körülbelül úgy aránylik, mint ez a gömb a Földhöz. Midőn a Napot és a nagy bolygókat vizsgáltuk, úgy látszott, hogy ezek nagysága és távolsága minden képeletet fölülmul; de bármilyen óriásiak, maga a naprendszer is csak egy cseppje az óceánnak, ha a csillagos ég terjedelméhez mérjük.

**A fényév, mint a távolság egysége.** — Ha a távolságokat érthetően és czélszerűen akarjuk kifejezni, nem szabad túl kicsiny egységet választani, melyet igen sokszorosan kellene vennünk. New-York távolságát Chicagótól nem szoktuk centiméterekben vagy méterekben kifejezni. A Föld maga czélszerű egység, ha a Hold távolságáról van szó, mert e távolság annak csak hatvanszorosa; de semmikép sem volna czélszerű, ha ily kis egységben a bolygók távolságait akarnók kifejezni. A csillagászok megállapodtak, hogy a naprendszerben előforduló távolságok egységeül a Föld pályájának középsugara szolgáljon. Hasonlóképen van elfogadott egység a csillagtávolságok meghatározásában; ez az egység nem valamely bolygó, vagy csillag távolsága, hanem az az út, melyet a fényhullám egy esztendő alatt bejár, s melynek neve *fényév*.

A fény sebessége másodpercenként 300,000 kilométer, és hogy a Naptól hozzánk jusson, 499 másodpercig kell útban lennie. A fényév tehát annyi, mint  $63,000 \times 149,5$  millió kilométer, mert egy évben körülbelül  $499 \times 63,000$  másodperc van, vagyis a fényév körülbelül annyi, mint 9 és  $\frac{1}{2}$  billió kilométer. Minthogy a csillag parallaxisa és távolsága között határozott vonatkozás van, nyilvánvaló, hogy a parallaxis a fényévvvel is kapcsolatos: a mely csillagnak a parallaxisa  $1''$ , annak távolsága körülbelül  $3\frac{1}{4}$  fényév. Ha tehát a  $3\frac{1}{4}$ -et az ívmásodpercekben kifejezett parallaxissal osztjuk, a hányados a csillagnak fényévekben kifejezett távolsága.

• **Ismert csillagok távolságai.** — Habár száznál több csillag parallaxisát mérték meg, csak körülbelül ötvennek tudják pontosan a távolságát. Tizenkét csillag megfelelő távolságával a következő táblázatban található:

Csillagtávolságok és parallaxisok.

A csillag neve	Nagy-ság-rendje	Közelítő helye (1900)				Saját mozgás	Paral-laxis	Távolság	
		R. A.		declin.				fény-években	billió kilométerben
		ó.	n.	°	'	"	"		
$\alpha$ Centauri .	—0·1	14	33	D. 60	25	3·67	0·75	4 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	41
61. Cygni . .	5·1	21	2	É. 38	15	5·16	0·45	7 <sup>1</sup> / <sub>5</sub>	69
Sirius . . . .	—1·4	6	41	D. 16	35	1·31	0·38	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	81
Procyon . .	0·5	7	34	É. 5	29	1·25	0·27	12	114
Altair . . . .	0·9	19	46	É. 8	36	0·65	0·20	16	154
0 <sup>2</sup> Eridani .	4·4	4	7	D. 7	7	4·05	0·19	17	162
Groombridge 1830 . . . .	6·5	11	7	É. 38	32	7·65	0·13	25	237
Vega . . . . .	0·2	18	34	É. 38	41	0·36	0·12	27	257
Aldebaran .	1·0	4	30	É. 16	18	0·19	0·10	32	308
Capella . . .	0·1	5	9	É. 45	54	0·43	0·10	32	308
Polaris . . .	2·1	1	23	É. 88	46	0·05	0·07	47	440
Areturus . .	0·2	14	11	É. 19	41	2·00	0·02	160	1542

Az itt említettek nagyjából részben fényes csillagok; de számos gyöngfényű csillag is akad nagy parallaxisal. Következő ábránk a legközelebbi és legjobban meghatározott csillagok egynémelyikének a naprendszerhez való helyzetét és viszonylagos távolságát jelzi. A mérték szükségképpen oly kicsiny, hogy a Neptunus óriási pályáját is csak elenyésző pont ábrázolhatja. A legkülső kör közelítőleg 0·1"-nyi parallaxisnak felel meg. Számos csillagtávolság meghatározása SIR ROBERT BALL-nak az érdeme, de az egyes csillagokra vonatkozó meghatározások gyakran nagyon eltérnek egymástól.

**A csillagok méretei.** — Mikor már megtaláltuk a Nap távolságát és megmértük a szöget, mely alatt korongját látjuk, kiszámíthattuk igazi méreteit is. De ez az egyszerű módszer a csillagokra nem alkalmazható, mert távolságaik oly nagyok, hogy egyiknek korongja sem látszik észrevehető szög



mint a Napé; továbbá a *Vega* és a *Capella*, mindegyik hasonlóképen sokkal nagyobb a Napnál. *Algol*-nak átmérője 2.500,000 kilométernél több, és sötét kísérője (492. lap) körülbelül akkora, mint a Nap. Ez adatokat spektroszkóp segítségével sikerült meg tudni, a mely az *Algol* közeledési és távozási sebességét méri, midőn a láthatatlan kísérő pályájának szembenfekvő pontjain van. A tömegvonzás törvénye határozza meg a csillag tömegét és pályájának nagyságát, úgy hogy a fogyatkozás időtartamából következtethetjük, mekkorának kell a sötét, fogyatkozást okozó testnek lennie.

**Csillagszinképek típusai.** — SIR WILLIAM HUGGINS volt az első, 1864-ben, ki hidrogén, calcium, vas és nátrium gőzeinek jelenlétére utaló vonalokat fedezett fel a fényesebb csillagok szinképében. A csillagszinképeket sokféleképp osztályozták, de négy típusba való sorolásuk, melyet 1865-ben SECCHI ajánlott, a legáltalánosabban elfogadott. Íme a négy típus jellemzése:

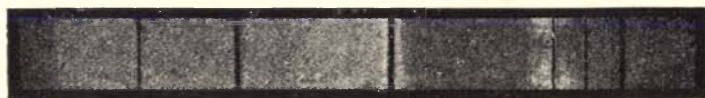
Az első típust főképp a sötét hidrogén vonalak szélessége és intenzitása jellemzi, továbbá a fémvonaloknak határozott gyöngesége, vagy teljes hiánya. E típushoz tartozó csillagok igen gyakoriak, kékes és fehér színűek. *Sirius*, *Vega*, *Altair* és számos más fényes csillag e típushoz tartozik, melyet gyakran *siriusjellegű csillagok* névvel jelölünk. Valamennyi csillagnak talán több, mint felét e típus foglalja magában.

A II. típust nagyszámú finom, sötét fémvonal jellemzi, szakasztott olyanok, mint a Nap szinképében. Az idetartozó csillagok sárgásak, mint a Nap; a *Capella* és az *Arcturus* (485. lap) képviseli e gyakran napjellegű csillagoknak nevezett típust, mely már kevésbé gyakori, mint az előző. KAPTEYN legújabb kutatásai szerint az I. típus abszolút világító képessége hétszer akkora, mint a másodiké és a Naptól legkisebb távolságban levő csillagok legnagyobb része a második típushoz tartozik.

A III. típust számos sötét csík jellemzi. E csíkok élesen határoltak a szinkép kék vége felé és elmosódnak a szinkép vörös vége felé; — „oszlopsoros szinkép“ ez, a mint MISS CLERKE találóan nevezi. Narancsszínű és vöröses csillagok, továbbá a változékonyak legnagyobb része ez osztályba való; a *Herculis*, *Mira* és *Antares* lehet e típusnak képviselője.

A IV. típust az előbbi osztályéhoz hasonló, de határolásra nézve ellentétesen fekvő sötét sávolyok jellemzik, a melyek a vörös vég felé élesen határoltak, az ibolya felé elmosódottak lévén, a színeknek barázdált (cannelált) képet kölcsönöznek.

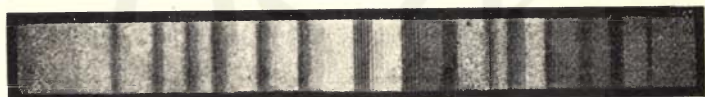
Ibolya            W            V            F                            D            C            Vörös



I. típus. Sirius.



II. típus. Capella és Napunk.



III. típus. Alfa Herculis.



Ibolya

IV. típus. 152 Schjellerup.

Vörös

305. ábra.

SECCHI négy csillagszínkép típusa.

Ily típusu csillag kevés van, talán 50; megannyi gyengefényű és majdnem vérszín-vörös. A légkörük széntartalmú.

Az V. típust, melylyel PICKERING szaporította SECCHI osztályozását, fénylő csikok jellemzik. Két francia csillagász vizsgálta először ez osztály csillagait, melyeket nevükről WOLF—RAYET-féléknek is neveznek. Mindannyian a tejút közepe felé vannak és számuk körülbelül 70. Egészen különálló típust

alkotó csillagok, melyeket különösen CAMPBELL tanulmányozott behatóan. Sok bolygószerű ködfolt efféle alakú színeképet szolgáltat.

VOGEL osztályozásában SECCHI III. és IV. típusa, összevonva, egy típust alkot.<sup>1</sup> Nincs még eldöntve, minek tulajdonítható a színeképek különfélesége, vajjon a fejlődés különböző fokainak-e, vagy tényleges különbségeknek a csillagok alkotásában. Igen valószínű, hogy mindkettő egyesülten okozza a különbséget.



306. ábra.

Csillagszíneképek az Argo-ban (PICKERING felvétele 2 ó. 20 p. kinntartással).

**Tömeges csillagszínekép fotografiák.** — Az állócsillag fénye az égboltozat valamely meghatározott pontja felől érkezik a Földre; ezért a csillag képe, a hogyan a távcső tárgylencséje előidézi, szintén pont. Tegyük fel már most, hogy üveghasábot állítunk a tárgylencse elé, mint először Fraunhofer tette 1824-ben, és lássuk, mi történik. A csillag fénye először az említett, úgy nevezett objektív-hasábon halad keresztül, csak ezután hatol a tárgylencsébe, mely az összes sugarakat a

<sup>1</sup> Valójában ezen fizikai alapon nyugvó osztályozás a legelterjedtebb. Európában kizárólag ez divik és Amerikában is mindinkább ezt fogadják el. (L. a Függelék.)

gyűjtőpontban gyűjti össze. Azonban a csillag képe most már nem pont többé, hanem vonallá húzódott ki, mely számtalan szint mutat a vöröstől kezdve az ibolyáig. A gyűjtőpontban kell az érzékeny lemezt is elhelyezni, s addig hagyják ott, a míg a felvétel előreláthatólag elég hosszú tartamú volt, hogy a kívánt hatást előidézze. Erre körülbelül három óra kell; az egész idő alatt pedig a fotografáló távcsövet úgy vezetik, hogy előhívás után a képen a csillagok ne mint vonalok, hanem mint keskeny derékszögű négyszögek, vagy mint szalagok jelenjenek meg, melyeken keresztben álló világos vonalak látszanak. Rajzunkban  $\frac{1}{25}$  része látható ilyféle negativnek, melyet a *Boydén*-csillagvizsgáló BACHE-féle távcsövével a Carina csillagképről kaptak 1893-ban. Az említett fotografián 1000 szinkép osztályozás szempontjából elég tisztán látszott.

**A Draper-féle katalógus.** — Egészen hasonló, szintén hasábokkal felszerelt műszerrel a szinképek fotografálását 1886-tól kezdve nagyon erélyesen folytatták a *Harvard-College* csillagvizsgálóján. A hasábok törő éleikkel kelet-nyugat irányban állanak és az óramű sebességét az alkalmazott színszórás fokához, valamint a fotografiai mezőben levő csillagok fényességéhez és színéhez képest szabályozzák. Egy-egy lemezen gyakran száz szinkép látható, és nyilvánvaló dolog, hogy összehasonlító tanulmányozásuknál szoros közelségük felette kedvező. A *Pleiadok* (*Fiastyúk*) körülbelül 50 csillagának szinképében a chemiai összetétel teljes azonossága első pillantásra szembetűnik. Ezen vizsgálódások, melyek EDWARD C. PICKERING felügyelete alatt folytak (a költséget a MRS. DRAPER-től férje emlékére létesített alap szolgáltatta), az 1890-ben kiadott Draper-féle csillagszinképkatalógust (*Draper Catalogue of stellar spectra*) eredményezték, mely egészen a nyolczadik rendig több, mint 10,000 csillag szinképét foglalja magában. A lemezek vizsgálatának fárasztó és időrabló munkáját másokon kívül majdnem egészen MRS. FLEMING és MISS MAURY végezte. Az égbolt ily rendszeres átkutatása természetesen útját egyengette a csillagok oly osztályozásának, mely a SECCHI-énél részletesebb, úgy hogy a felvételeknek a csillagvizsgálón folytatott feldolgozása körülbelül 20 szinképcsoport megalkotására vezetett. A szinképek részletes vizsgálata számos változékony és több új

vagy időnkint felragyogó csillag felfedezését (489. lap) is eredményezte.<sup>1</sup>

**Nagyszórású csillagszinképek.** — *Vega* volt az első csillag, melynek szinképét Draper Henrik 1872-ben sikerrel fotografozta. A legfényesebb csillagok fénye a szinképek fotografozására még akkor is elegendő, ha egész sor hasáb, vagy rács alkalmazásával a színszórás magasfokú. Ily módon felette sok vonal rajzolódik le, különösen a napjellegű csillagoknál. *Arcturus* fotografiai szinképének egy része, majdnem másolata a Napénak, rajzunkban látható. Ama szép eredményekhez, melyeket PICKERING Cambridgeben és SIR NORMAN LOCKYER South-Kensingtonban ért el, méltán sorakoznak VOGEL és SCHEINER potsdami csillagászok és a párisi DESLANDRES kutatásai. Az utóbb nevezett nem régen az *Altair* szinképében finom, fénylő kettős vonalok sorozatát fedezte fel, melyek a hidrogén vonalakat és más vonalakat felezik. Úgy vélekedik róluk, hogy gáznemű burkolatról tanuskodnak, mely a csillagot olyformán környezné, mint a Napot a chromoszféra.<sup>2</sup>

**Változó csillagok.** — Azt a csillagot, melynek fényereje különböző időben más és más, változó csillagnak, vagy röviden változónak (variabilis) nevezzük. Mai nap

<sup>1</sup> Miss Maury felosztása Európában nem keltett nagy lelkesedést; Fleming asszonyt ellenben számos felfedezése révén olvasóink is ismerik. *R.*

<sup>2</sup> A két utolsó fejezetben tárgyalt szinképi felvétel pontossága nem egyenlő rendű. Az objektív hasábbal sok csillag szinképe fotografozható egyszerre, de minthogy a sugármenetben nincs rés, a vonalok elmosódtak. Pontos megfigyelések, mint a milyenek pl. a Doppler-féle elv alkalmazásánál kellenek, csak teljes spektroszkóppal végezhetők.



307. ábra.

Arcturus fotografiai szinképének részlete (SIR NORMAN LOCKYER nyomán).

már körülbelül 1000 ily csillagot ismerünk. A változás lehet fénynövekedés, vagy fénycsökkenés, mely szabályos, vagy szabálytalan. Az egyes osztályokban a fény emelkedése és esése különböző módon történik: néhol többszöri hullámszás mutatkozik minden teljes periodus folyamában (így *Béta Lyrae*-nél, mely jól ismert változó csillagnak szinképe, hidrogénvonalaiával és héliumcsikjaival most is szorgalmas észlelés tárgya), máshol a lefolyás egyenletes és néhány óráig tartó (az eddig ismert legrövidebb periodus  $6\frac{1}{5}$  óra az  $\omega$  *Centauri* 91-nél); ismét más csillagoknál a változás igen lassú s több hónapot kíván. Általában az utóbb említettek, melyek rendszeren vörös színűek, úgy a minimum-, mint a maximumkor gyorsan változnak, fénygörbéjüket mély hullámok alkotják élesen metszett tarajjal. A csillagászok e változó csillagokat *Omikron Ceti*-, vagy *Mira-féléknek* nevezték el a jellemzőül szolgáló *Mira Ceti* után, melynek változósága már 3 század óta ismeretes. A periodusuk átlag egy év és ez osztályhoz tartozik az ismert változó csillagoknak majdnem fele. Rokonságban vannak velük az időnkint megjelenő „új” csillagok, melyekről alább lesz szó. A *Mira*-osztály változóival ellenkező természetű az *Algol*-osztály, mely mintegy 20 csillagból áll; ezek fénye szabályos időközökben rohamosan fogy, mintha valamely átlátszatlan test időközönként eléjük állna.

CHANDLER és SAWYER Cambridgeben fáradozásukkal nagyon gyarapították a változó csillagokra vonatkozó ismereteinket. CHANDLER jegyzéke osztályuk feltüntetésével körülbelül 500 ily csillagot tartalmaz. Ha az ily csillagnak még nem volt neve, jelölésére minden egyes csillagképen belül a felfedezés sorrendje szerint az R, S, T, U és ezek után következő betűket használják. Az újabban felfedezett változó csillagok fényessége átlag egy nagyságrendet meghaladó különbséget nem ér el.

**A változó csillagok eloszlása és megfigyelése.** — A mi az égboltozaton való eloszlásukat illeti, legtöbb változó csillag egy az ég egyenlítőjéhez  $18^{\circ}$  alatt hajló és a tejút elágazása közelében szintén kettészakadó övben található. Majdnem valamennyi új csillag is ez elágazás táján bukkan fel. Nagyon fontos felfedezést tett 1896-ban BAILEY, a ki kivételes nagyszámú változót talált a csillaghalmazok csillagjai között; így

például egyben száznál többet és valamennyinek fényváltozása már néhány órán belül folyik le. A változó csillagok vizsgálata igen érdekes és e téren a műkedvelő is nagyértékű megfigyeléseket tehet. Először meg kell állapítani vagy helyesbiteni a legnagyobb, vagy legkisebb fény idejét; ezt az időt minden évben közli a (TURNER szerkesztette és Greenwichben megjelenő) *The Observatory* társkiadványa, a „Companion”, továbbá a *Popular Astronomy* (Payne havi folyóirata, Northfield, Minnesota).<sup>1</sup> A következő táblázat néhány, a térképen könnyen megtalálható változó csillagot tartalmaz:

## Változó csillagok.

A csillag neve	Helyzet (1900)		Változás		A változó csillag típusa		
	R. A.	declin.	periodusa	nagyságrendben			
	ó.	p.	°	'	nap		
Omikron Ceti . .	2	14	D. 3	26	331	1·7— 9·5	Mira
Beta Persei . .	3	2	É. 40	34	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2·3— 3·5	Algol
Zeta Geminorum	6	58	É. 20	43	10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3·7— 4·5	
R. Leonis . . . .	9	42	É. 11	54	313	5·2—10	
Delta Librae . .	14	56	D. 8	7	2 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	5— 6·2	Algol
α Herculis . . .	17	10	É. 14	30	90	3·1— 3·9	Szabálytalan
X Sagittarii . .	17	41	D. 27	48	7	4—6	
Beta Lyrae . . .	18	46	É. 33	15	12 <sup>9</sup> / <sub>10</sub>	3·4— 4·5	
Delta Cephei . .	22	25	É. 57	54	5 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	3·7— 4·9	

Apró táveső, vagy akár színházi messzelátó is már igen jó segédeszköz a változó csillagok megfigyelésére. Midőn fénye változik, nagyságrendjének ismételt összehasonlítása a látómezőben levő többi csillagokéval módot ad a maximum és minimum idejének meghatározására. Ily megfigyeléseknek a fényváltozás törvényszerűségeinek tudományos és szakszerű kutatói is hasznát veszik.

**Időnkint felragyogó vagy új csillagok.** — Oly változó csillagot, melynek fénye rendszerint néhány hét alatt felette növekedik, azután lassankint halványodik, és vagy egészen,

<sup>1</sup> Nálunk a „Vierteljahrschrift der Astronomischen Gesellschaft“ (különlenyomatban is kapható) és több népszerű folyóirat „Csillagos ég“ rovata.

vagy majdnem teljesen eltűnik, új (temporaer) csillagnak nevezünk. Ilyen csillagokról többször van említés régi történelmi feljegyzésekben. A kínai évkönyvek egy helyén szó van a *Scorpio* egy csillagának felvillanásáról Kr. e. 134-ben. Ugyanazt HIPPARCHOSZ is észlelte, mi őt a tudunkkal első csillagjegyzék készítésére indította, melylyel épen az volt a célja, hogy hasonló tűneményeket máskor könnyebben lehessen felismerni. TYCHO BRAHE a *Cassiopeia* közelében gondosan megfigyelt ilyen csillagot, mely 1572 novemberében Jupiter fényét is felülmultha, egy ideig világos nappal is látható volt, és másfél esztendő eltelte után nyomtalanul eltűnt. Hasonló fényességű új csillagot látott KEPLER 1604—5-ben az *Ophiuchus* csillagképben; ez a csillag is teljesen eltűnt. A XVIII. század folyamában nincs említés ily jelenségről. De a közelmúltban több ízben felragyogtak efféle igen nevezetes csillagok, melyek sorsa a leirtakéhoz teljesen hasonló. Ezek:

- 1866-ban az Északi korona,
- 1876-ban a Hattyú,
- 1885-ben a nagy ködfolt közepette Andromeda,
- 1891/92-ben a Kocsis (Auriga)<sup>1</sup>

csillagképében. Az ily csillag megnevezésére gyakran a *Nova* szó szolgál, kapcsolatban az illető csillagkép genitívusával, mint például *Nova Cygni*. Az új csillagok látszó helyzete nem változik azalatt, hogy fényök oly nagyon változik és egyiken sem találtak mérhető parallaxist. Valószínű azonban, hogy a *Nova Andromedae* azon ködfolthoz tartozott, melyben megjelent.<sup>2</sup> Az 1866. és 1892. évi új csillagok, miután fényök annyira apadt, hogy csak távcsővel voltak láthatók, másodszer is fellobogtak, bár eredeti nagy fényöket nem érték el; azután ismét mindinkább halványodtak és most csak távcsővel látható, igen gyenge fényű égi testek.<sup>3</sup> A *Nova Aurigae* halvány,

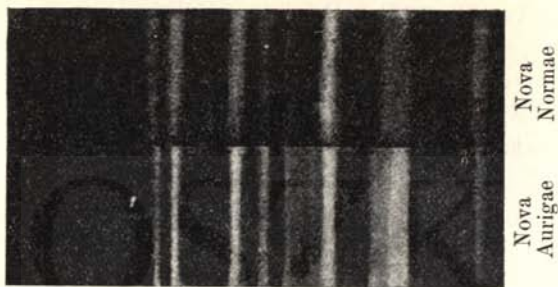
<sup>1</sup> És mindezek közül a legfényesebb 1901 február 24-én a Perseusban. R.

<sup>2</sup> E csillagot másodikkal függetlenül br. Podmaniczky Gézáné fedezte fel, és hozzá Jókai-nak minket magyarokat érdeklő kedves „jövőbe látása” fűződik. R.

<sup>3</sup> *Nova Persei*-n fokozatos gyengülése után szabályos időszaki fényváltozást észleltek, a mi az új csillagok történetében újdonság. R.

ködszerű csillaggá lett. A Harvard College mindkét félgömbre vonatkozó fotografiai térképeinek és szinkép lemezeinek szorgos átkutatása, melyre MRS. FLEMING vállalkozott, sok új csillag felfedezésére vezetett, melyek e nélkül elkerülték volna a figyelmet. Legújabb felfedezések: a *Nova Normae* (1893), *Nova Carinae* (1895) és *Nova Centauri* (1895). Itt bemutatjuk két új csillag szinképét, melyben hidrogén és calcium vonalok láthatók.

**Új csillagok szinképe.** — A spektroszkóp hatalmas segéd-eszköznek bizonyult az új csillagok vizsgálatában. Először az



Országos 308. ábra. Új csillagok szinképe (PICKERING nyomán).

Új csillagok szinképe (PICKERING nyomán).

1866. évi Novát vizsgálták spektroszkóp segítségével, s az izzó hidrogén jelenléte azonnal kiderült. A *Nova Cygni* 10 évvel később hasonló szinképet szolgáltatott, melyben még a hélium vonalait is észlelték, amaz elemét, melyről régen tudták, hogy a Napban megvan, de a melyről csak 1895-ben fedezték fel, hogy a Földön is megtalálható. A *Nova Andromedae* (1885) a legtöbb megfigyelő ítélete szerint folytonos szinképet adott; de a *Nova Aurigae* (1892) szinképe észrevehetően kettős és sajátágosan összetett volt. Az anyag mineműségét illetőleg számos vonal-pár világosan jelezte az eredet közösségét és a pontos mérés tetemes eltolódást derített ki, melyből másodpercenként majdnem 900 kilométer sebességre lehetett következtetni; ez a jellemző szinkép egy hónapon túl maradt meg. Minden, a vörös felé eltolt hidrogénvonalnak megfelelt egy-egy, majdnem ugyan-

annyira az ibolyaszín felé eltolt sötét vonal, vagy szalag; mintha e különös fény tőlünk gyorsan eltávozó gömbtől eredt volna, mely egyszersmind gyorsan felénk közeledő szabálytalan ködtömegbe zuhan.<sup>1</sup> A parallaxis meghatározására tett kísérletekből következett, hogy a Nova Aurigae oly messze lehetett, mint a tejút; ezért az említett, csodálatraméltó égi eseménynek a XIX. század elején kellett történnie. A Nova Normae és a Nova Aurigae szinképei majdnem tökéletesen azonosak voltak, mint azt a Cambridgeben és Peruban kapott fotográfiák, melyekre már előbb utaltunk, bizonyítják.

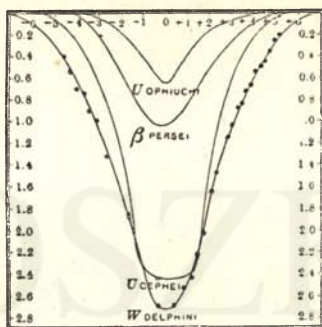
**Szabálytalanul változó csillagok.** — Ilyet nem sokat ismerünk, de van közöttük néhány nagyon nevezetes; például az *Éta Argus*, a déli félgömb szeszélyesen változó csillaga (mely a 467. lapon ábrázolt ködtömeg közepén látható). HALLEY, ki 1677-ben Szent-Ilona szigetén járt, e csillagot mint negyedrendűt említi. 1822 és 1836 között fényessége az első és második nagyságrend között hullámzott, és 1838-ban háromszorosára növekedett, *Sirius* és *Canopus* kivételével valamennyi csillagét felülmulta. 1843-ig fénye még megnövekedett, de azóta többé-kevésbé állandóan apadt, míg 1886-ban mint  $7\frac{1}{2}$  nagyságrendű csillag a legkisebb értéket érte el. Valószínűleg nincs e csillagnak szabályos időszakisága, noha gondolták, hogy 50 éves periodusa van. Fénye újabban csekély fokban ismét növekedett. Még néhány, egészen kevés csillag fénye változik ily szabálynélküli módon, de fényváltozásuk sokkal szűkebb határok közé szorul.

**Algol-jellegű változó csillagok.** — *Algol* vagy  $\beta$  *Persei* ez osztálynak legjobban ismert képviselője. Ez osztály periodusa rendszerint rövid, és tartamának legnagyobb részében a csillag rendes, legnagyobb fényében észlelhető. A csillag fénye pillanatnyinak nevezhető hirtelen hanyatlással néhány óra alatt minimumára száll, így marad nem egészen egy óráig, és

<sup>1</sup> A *Nova Persei* szinképe néhány nappal felvillanása után ugyanazon képet adta. Ezóta tudjuk azonban, hogy szinképi vonalak eltolódása nem csupán a látás vonalában való mozgás, hanem a fényforráson uralkodó nyomás folytán is létesül, a mi a jelenség magyarázatát némileg módosítja; mindenesetre kisebbíti a Doppler-féle elv alapján kiszámolt sebességeket.

hasonló gyorsasággal ismét teljes erőre emelkedik. Az Algolhoz hasonló összes csillagok szinképei az első tipushoz tartoznak.

Rajzunk ez osztályhoz tartozó négy csillag fénygörbéjének a maximum és minimum közé eső részét ábrázolja E. C. PICKERING-nek a *Harvard College* csillagvizsgálóján végzett meghatározása nyomán. A *W Delphini*, habár csak távcsővel látható, a mennyire eddig tudjuk, legkifejezettebb képviselője ez osztálynak. Teljes fényét valamivel több, mint négy napig tartja meg, azután a 9<sup>h</sup>3<sup>m</sup> nagyságrendről (rajzunk felső baloldali sarkán) 7 óra alatt a 12<sup>o</sup>0<sup>m</sup> rendig száll alá, vagyis annyira

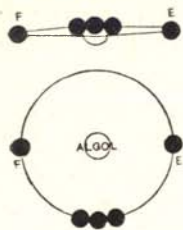


309. ábra.

Négy Algol-típusú változó csillag fénygörbéje a minimum körül (PICKERING nyomán).

gyöngül, hogy négy hüvelykes (10 cm.) távcsővel már nem látható. Az Algol 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub> óra alatt 1<sup>o</sup>0<sup>m</sup> nagyságrenddel gyöngül, és 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub> óra alatt visszanyeri teljes fényét, mint a görbe vonal is jelzi. Periodusát, vagyis az egyik minimumtól a másikig eltelő időt, igen jól ismerjük; ez jelenleg 2 n. 20 ó. 48p. 55<sup>h</sup>4<sup>m</sup> mp., és igen lassan csökken. Rendes fényében 2<sup>o</sup>2<sup>m</sup> rendű, tehát szembeötlő csillag; minimum állapotában csak körülbelül 15 percig marad. Legjobban megfigyelhető kora ősztől tavasz derekáig. Néhány gyors lefolyású változó csillag kedvéért, mint a PAUL által 1888-ban felfedezett S Antliae-ért, noha eredetileg az Algol mellé sorolták, új osztályt kísérlettek megállapítani. Ezen összetett csillagok hihetőleg kettős rendszert alkotnak, melynek tagjai majdnem az érintkezésig menő közelségben keringnek egymás körül (l. az 512. lapon).

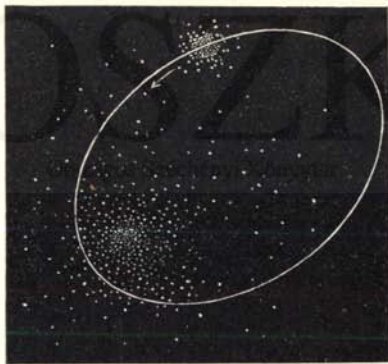
**A változóság okai.** — Nem találni oly egységes magyarázatot, mely a változó csillagok valamennyi osztályának változásában mutatkozó sokféleséget érthetővé tenné. Az Algol-



310. ábra.

Algol sötét kísérőjének pályája.

nagy tömegű sötét kísérő tömegvonzása az *E* és *F* helyzetekben Algolt felváltva a Földhöz közelebb hozza, majd tőle eltávolítja, minthogy a két test a közös tömegközéppont körül kénytelen forogni. És Algolnak



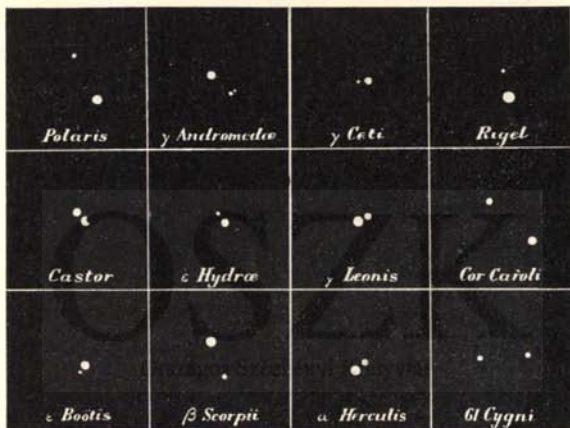
311. ábra.

LOCKYER meteorhipotezise a változó csillagokra alkalmazva.

ilyféle, a látóvonal irányába eső és fényváltozásával teljesen egyező tartamú mozgását valóban fel is fedezték a spektroszkóppal, annak bizonyítékául, hogy a csillag váltva közeledik és eltávolzik, még pedig másodpercenként közel 42 kilométer sebességgel.

Más osztályú változó csillagoknál minden jelenségre kiterjedő magyarázatot nyújt az a feltevés, hogy felszínüket a napfoltokhoz hasonló nagyterjedelmű foltok borítják; felteszik

továbbá, hogy a csillag tengelye körül forog, és hogy a foltok gyakorisága időszaki. Az új csillagok felragyogása ellenben inkább izzó hidrogén rettentő kitöréseinek tulajdonítandó; némely esetben talán izzó gőzzé változnak az összeütköző, vagy egymáson végig surlódó sötét testek, vagy valamely kialvó csillag tényleg keresztülrohan a világűrnek gázokkal kitöltött terén. SIR NORMAN LOCKYER-nek az *Omikron Ceti*-osztály változó csillagaira vonatkozó feltevését jól megérthetni rajzunkból. E szerint az ily csillagok még meteorrajok állapo-



312. ábra.

Tizenkét típusos kettős csillag.

tában vannak és a kisebb rajoknak nagyobb halmazok körül való keringése számtalan összeütközéssel jár, a minek következtében időszakonként hullócsillaghoz hasonló részecskék óriási csapatai izzásig hevülnek.

**Ikercsillagok.** — Sok esetben az oly csillagot, melyet a fel nem fegyverzett szem egyesnek lát, a távcső több csillagra bontja. Az összetevők számához képest vannak iker (kettős), hármás, négyes vagy többszörös csillagok. Ha valamely csillagpár tagjai a világtérben fizikailag összetartoznak, mint ikercsillagot lajstromozzuk. Vannak azonban látszólagos kettős csillagok is, melyek a térben semmiképp sem függnek össze és csak azért mutatkoznak egymásnak közvetlen köze-

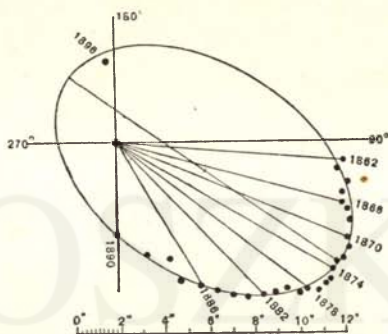
leben, mert véletlenül igen közel esnek látásunk vonalába. Az ilyenek egymástól is, naprendszerunktől is távol vannak, és megkülönböztetésül *optikai kettős csillagok*-nak neveztetnek.

Habár néhány ikercsillagot már régebben ismertek, felfedezésök és rendszeres mérésök, mondhatni, 1779-ben kezdődött SIR WILLIAM HERSCHEL munkálkodásával. Idevágó megfigyelésekkel nagy mértékben a két STRUVE — apa és fiú — s egyebek között báró DEMBOWSKI is tevékenyen foglalkozott. Most már 10,000-nél több ikercsillagot ismerünk és az utóbbi években is gyorsan követték egymást a felfedezések, miben nagy része volt a chicagói BURNHAM-nek. Rajzban bemutatunk 12 könnyebben elválasztható, kisebb távcsővel is vizsgálható ikercsillagot. Hat hüvelyknél (15 cm.) nagyobb nyílású műszerre van szükségünk, hogy szétválaszthassuk egymástól oly ikercsillag alkotóit, melyek látszó távolsága 0'8"-nél kisebb. BOND és GOULD úttörői voltak a fotográfia alkalmazásának a távolabb álló ikercsillagok megfigyelésénél; de ezen a téren az új módszer nem oly kiváló segédeszköz, mint a csillagászat egyéb ágaiban. Európában az ikercsillagok megfigyelői közül BIGOURDAN (Páris) és GLASENAPP (Sz.-Pétervár), Amerikában pedig A. HALL, COMSTOCK és LEAVENWORTH említendő.

**Kettős csillagok.** — Gondos és hosszas megfigyelés szükséges, ha meg akarjuk határozni, hogy milyen osztályhoz tartozik valamely csillagpár. Ha megfigyeléseink szerint az ikercsillag alkotói zárt, vagy ellipszispályán keringenek, kettős csillaggal van dolgunk. Ezen mozgás, mint — kétségtelenül helyesen — felteszszük, a tömegvonzásnak a következménye.

Eddig mintegy 200 kettős csillagról tudunk, és körülbelül 50-nek pályáját jól ismerjük. SEE műve: *Researches on the Evolution of the Stellar Systems* (kutatások a csillagrendszerek kialakulása körül, 1896) teljes átnézetét szolgáltatja idevágó jelenlegi ismereteinknek. MISS EVERETT vizsgálódásaiból kitűnik, hogy a kettős csillagok pályasíkjai nincsenek kapcsolatban az égnek valamely meghatározott alapsíkjával. A legrövidebb keringésű kettős csillag az eddig ismeretesek között a  $\beta$  883 (883. számú, BURNHAM által felfedezett csillag), leghosszabb a *Zeta Aquarii*; az elsőnek keringési ideje  $5\frac{1}{2}$ , a másíké nem kevesebb, mint 1500 év. Ismerünk több oly kettős csillagot

is, melynek egyik alkotója sötét test. Ezek felfedezésére csak azon hatás vezethet, melyet a sötét csillag vonzása a fényesnek helyzetére okoz. Az óriási *Sirius* ily fajtájú csillag; van egy gyöngéfényű társa, melyet csak nagy távcsövel fedezhetni fel, és melyet *Sirius* kísérőjeként ismernek. Rajzban bemutatjuk pályáját, melyet BURNHAM 1862—96. évi megfigyelései alapján határozott meg. Mielőtt A. G. CLARK 1862-ben tényleg felfedezte, AUWERS nemcsak előre megmondta, hogy lennie kell, hanem valódi helyzetét is megállapította. Keringési ideje 52 év. Mozgása úgy, mint a *Siriustól* és a *Naptól*



313. ábra.

Sirius pályája (BURNHAM).

való távolsága arra vall, hogy *Sirius* kísérője akkora tömegű, mint a Nap, ellenben a főcsillag  $2\frac{1}{5}$ -szer nagyobb tömegű.

De a legjobban ismert kettős rendszer az, melyet legelőbb fedeztek fel (RICHAUD 1689): *Alfa Centauri*, egyszersmind a hozzánk legközelebb álló csillag. A párnak összetevői első, és másodrendű csillagok. Keringési ideje 81 esztendő; a két alkotó közel egyenlő tömegű és a két tömeg együtt kétszer akkora, mint a Napé. A kettős rendszer alkotói a csillagközelben (*periastron*) vannak, ha a két csillag a térben lehető legközelebb van egymáshoz, a csillagtávolban (*apastron*), ha legnagyobb a kölesönös távolságok. A csillagközel alkalmával *α Centauri* alkotói körülbelül annyira vannak egymástól, mint a *Saturnus* a *Naptól*, s a csillagtávol idejében jóval távolabb állanak, mint tőlünk a *Neptunus*.

**Kettős csillagok külpontossága és tömege.** — A kettős csillagok pályáinak nagy külpontossága nevezetes; továbbá az alkotók tömegének az egységhez közelálló viszonya is fontos, a mennyiben e két tömeg mindig kevéssé eltérő, sőt némely esetben majdnem egyenlő. E tekintetben nagyban eltérnek a naprendszer testeitől, melyeknek pályája majdnem köralakú, míg tömegök a Nap tömegének mindig csak igen csekély törtrésze. SEE a kettős csillagok kivételesen nagy külpontosságát az ár-apály útján való kialakulás elveivel magyarázza oly pályákból, melyek kezdetben majdnem köralakúak voltak. Eredetileg a rendszer egyetlen, tengelye körül forgó, ködszerű tömeg volt, mely saját összehúzódása következtében amolyan súlyzóféle alakká módosult. A legjobban ismert kettős csillagok átlagos külpontossága 0.48, míg a naprendszer bolygóié és holdjaié nem egészen 0.04, vagyis tizenkétszer kisebb. Ezen rendkívüli viszonyban a természet egy sarkalatos törvényének kifejezését kell látnunk. Ha visszaemlékezünk, milyen elvek szerint hasonlítjuk össze valamely bolygó tömegét a Nappal, azonnal megértjük, hogy ugyanaz a módszer szolgáltathatja a kettős rendszer tömegét is a naptömeg egységeiben kifejezve. Először megmérjük a pálya nagytengelyét és megfigyeljük a keringési időt; feltéve azután, hogy NEWTON vonzási törvénye szabályozza itt is a mozgásokat, áll a következő arány:

$$\frac{\left[ \begin{array}{c} \text{Hold és Föld} \\ \text{között való táv.} \end{array} \right]^3}{\left[ \begin{array}{c} \text{Hold kerin-} \\ \text{gési ideje} \end{array} \right]^2} \times \left[ \begin{array}{c} \text{Föld és Hold} \\ \text{tömege} \end{array} \right] = \frac{\left[ \begin{array}{c} \alpha \text{ Centauri alkotóinak} \\ \text{köles. távolsága} \end{array} \right]^3}{\left[ \begin{array}{c} \text{Keringési} \\ \text{idejök} \end{array} \right]^2} \times \left[ \begin{array}{c} \text{Tömegük} \\ \text{összege} \end{array} \right]$$

A nem igen számos, ily módon meghatározott kettőscsillagtömegek a naptömegnek körülbelül két- vagy háromszorosára rúgnak.

**Spektroszkóppal felfedezett kettős csillagok.** — BESSEL írt legelőször a „láthatatlanok csillagászatáról“, és a mit ő megjósolt, az spektroszkópi csillagpárok felfedezésével csodásan beteljesedett. Ezek kettős csillagok, oly közeli alkotókkal, hogy a távcső nem választhatja külön, miért is szinképek is egymásra vetülnek. Minthogy a kettős csillagok pályái a térben tetszésszerű szögeket alkothatnak, akadni fog egynémelyik, melynek pályáját oldalvást látjuk. Legyen a csillagpár

két alkotója a naprendszerhez viszonyítva együttállásban; ekkor szinképeik nyilván azonosak lesznek. De midőn a két test negyedállásba kerül, az egyik eltávozik a Földtől, a másik közeledik hozzá. Az összetett szinképben tehát mindegyik vonal kettősnek fog látszani, mert a két csillag mozgása ellenkező irányú eltolódást okoz. Ha megmérjük az eltolódás nagyságát és megfigyeljük visszatérésének idejét, megkapjuk a csillagpár összetevőinek egymáshoz képest való sebességét, pályájok méreteit és a Naphoz viszonyított tömegöket is, mindig feltéve, hogy a tömegvonzás törvénye valamennyi csillagra nézve változatlanul érvényes.



1889 decz. 30. 17.6 ó. greenwichi köz. id. (egyszerű vonal).



1889 decz. 31. 11.5 ó. greenwichi köz. id. (kettőzött vonal).

314. ábra.

$\beta$  Aurigae szinképei (PICKERING nyomán).

Az e módszerrel eddig felfedezett kettős csillagoknak aránylag rövid a keringési idejük; legrövidebb az ismeretesek között a  $\mu^1$  *Scorpii* csillagé, csak 35 óra. A *Beta Aurigae* nevezetes ez osztályba tartozó csillag, mert vonalainak kettőzése minden második éjjel tapasztalható, a miből négy napi keringési időre következtethetni. A két tömeg együtt a Nap tömegének több, mint kétszerese. Rajzunk a szinképnek olyan részét ábrázolja, a melyben hol egyszerű, hol kettős vonal látható. Ez osztályba tartozó csillagok mind nagyobb számban fordulnak elő, de ha a pálya a látóvonalra merőleges, a csillag kettős volta ily módon nem vehető észre. Az a csillag, melyet legelőször E. C. PICKERING látott 1889-ben, talán valamennyi között

a legnevezetesebb. Ez a *Mizar* (a Nagy-Gönczöl zétával jelölt csillaga), melynek szinképében a *K* vonal időszakilag kettőssé lesz, miből 52 napi keringésre következtethetni. A kettős vonalak távolságának lemérése másodpercenként 160 kilométer viszonylagos sebességre vezet, és a rendszer tömege a Napét negyvenszeresen haladja fölül. BELOPOLSKY-nak legújabb, a nagy pulkowai refraktorral végzett kutatásaiból kitűnt, hogy  $\alpha^1$  *Geminorum*, a *Castor* csillagpár egyik alkotója, szintén gyorsan mozgó spektroszkópi kettős csillag.<sup>1</sup>

**Többszörös csillagok.** — Számos csillag ugyanazon látómezőben több, mint két alkotóból van összetéve. Ezek az úgynevezett *többszörös* csillagok; ha a csillagnak három alkotója van, a hármás (*triplex*), ha pedig négy, a négyes (*quadruplex*) elnevezés is sűrűen használatos. Akad olykor csillag, mely optikailag sokszoros; azaz egyes összetevői csak látszólag társulnak, mert a látóvonalban, vagy ennek közelében vannak, bár a Naptól való távolságaik tényleg roppantul különböznek és egymással semmiféle fizikai viszonyban sincsenek. Majdnem valamennyi többszörös csillag fizikailag összetartozó, azaz egyes alkotói valóságos rendszerré vannak összekapcsolva. Ilyen rendszer az *Epsilon Lyrae*, a jól ismert negyedrendű csillag Vega közelében. Éles szemű ember pusztán szemmel is észreveszi, hogy kettős. A két csillag mindegyikét már kis távcső is két új párra bontja, mely szép négyes rendszert alkot; nagy távcsővel pedig még legalább három gyöngé csillagot láthatni a csillagpárok között; azonban ezek egyike fölötté fénytelen. Nemesak hogy a csillagpárok mindkét alkotója több száz évi idő alatt egymás körül kering, hanem a pároknak is van egymás körül nagyobb pályafutások, mely eddig még meg nem határozott, roppant időt kíván. Ha a többszörös csillag már több, mint hét vagy nyolcz egyes csillagnak csoportja, bátran a csillaghalmazok közé sorozható.

**Csillaghalmazok.** — A csillagoknak az égen való látszólagos összetömörüléseit *csillaghalmazok*-nak nevezzük. Nagyjá-

<sup>1</sup> Ilyenmú kutatásokban az első hely Potsdamot illeti. H. C. Vogel ily úton nagy valószínűséggel már az Altair tengelyforgására is következtethetett.

ban két osztályba sorozhatók; vannak ritkás halmazok, melyekben az egyes csillagok aránylag nagy távolságban állnak egymástól, mint a *Pleiádok* csoportja, mely igen kiváló példa, és sűrű halmazok, melyekben a csillagok szorosán összetömörülnek. A *Pleiádok* (fiastyuk) hat, pusztá szemmel látható csillagból állnak, ámár akadtak emberek, kik e csoportban távcső nélkül is hét, kilencz, sőt 13 csillagot is megkülönböztettek. Középnagyságú távcsővel körülbelül 100 csillagot látunk, és a fotográf-lemezen egy órai felvétel után több, mint 2000 csillag képe jelenik meg a *Pleiádok*ban és köz-



315. ábra.

15 Pegasi. Gömbalakú csillaghalmaz (ROBERTS után).

vetetlen szomszédságukban. Hat órai felvételre 4000 csillag jelenik meg, és minél hosszabb volt a felvétel ideje, annál több a csillag a lemezen;  $17\frac{1}{2}$  órai, kilencz éjen át folytatott felvétellel, mely négy négyzetfoknyi területre terjed ki, a lemezen körülbelül 7000 csillagot sikerült megszámlálni. A legújabb számlálások szerint kevesebb halmaz van a fényesebb csillagok közelében, mint hasonló területen a szomszéd helyeken, és nagyon sokkal kevesebb, mint a tejút sok részében. Ugyancsak fotográfia útján BARNARD kiterjedt ködképződményeket fedezett fel a *Pleiádok* tájékán, olyanokat, melyeket a nagyobb csillagok fénye miatt távcsővel nem láthatni. Alakjuk nagyjában patkóhoz hasonlít.

Egy neme a sűrű csillaghalmazoknak a *golyóalakú halmaz*, melynek csillagai látszólag kör alakú területen, vagy a térben gömbalakban szorulnak össze. Rajzunk ezen osztálynak kitünő példáját mutatja. Minél inkább megközelíti a halmaz alakja a gömböt, annál régiebbnek tartják; mert a halmaz egyes csillagai kétségtelenül a középponti vonzás törvényeinek hó-



316. ábra.

A Perseusbeli kettős halmaz (ROBERTS fotográfiája nyomán).

dolnak és a gömbalak tökéletesebb megközelítése annak a jele, hogy az erő hatása hosszabb ideig tartott. Ekkép határozható meg a halmaz kora egyes csillagainak kölesönös helyzetéből. A legszebb égi tárgyak egyike a fotográfiánkon kitünően ábrázolt ikerhalmaz. Ez a tejútnak egy része Perseusban, és mind a két halmaz megközelíti a gömbalakot. Az egyes csillagok mindenféle nagyságúak és kétségtelenül csillag-

rendszerünk méreteit meg nem haladó távolságra vannak tőlünk, habár a halmaznak a parallaxisát még nem mérték. Egészben körülbelül 200 halmaz és ködfolt fotografiáját birjuk, és körülbelül ötven év múlva már lehetséges lesz megmondani, milyen változások mentek bennök végbe.

**A tejút.** — Derült, de nem holdvilágos éjjel, az évszakokkal változó hajlásban és magasságban az ég boltozatán átlósan keresztülhúzódva, ködszerű fényből szőtt szabálytalan és egyenlőtlen szélességű öv észlelhető, mely háromszor oly széles, mint a Hold, és a szemhatár egyik szélétől a másik széléig terjed. Ez a tejútnak egy része. Valójában fénygyűrű, mely az éggömböt körülbelül legnagyobb kör alakjában teljesen övezi, úgy hogy rendszerint mintegy fele van a szemhatár felett, a másik fele alatta marad. Az ekliptikát a napfordulati pontok közelében körülbelül 60 foknyi szög alatt metszi. Kora szeptemberi estéken majdnem egybeesik az északkelet-délnyugati irányú függőleges körrel. Az álló csillagokhoz viszonyítva változhatatlan fekvésű, és egyik része oly közel van az éggömb déli sarkához, hogy az északi szélességek alatt sohasem látható. A *Hattyú*-tól kezdve a *Skorpió*-ig a tejút szalagja elágazott vagy kettős áram. Apró távcső is azonnal igazolja, hogy a tejút gyöngfényű csillagoknak millióiból áll, melyek, noha egyenkint sokkal fénytelenebbek, semhogy szabad szemmel láthatók volnának, óriási számuk miatt együttesen mégis ködfátyolszerű fény benyomását idézik elő. A 9-ik lapon közöltük BARNARD tejúti fotografiái egyik legszebbikének kitünő mását; hasonló hatásos fotografiákat készített WOLF, a tejút déli részéről pedig RUSSELL. Minden egyes csillag egy-egy nap, mely alkotásra és nagyságra nézve valószínűleg a mi Napunkhoz hasonló.

A tejút csillagainak eloszlása korántsem egyenletes, hanem sok helyen sűrű halmazokká tömörülnek; ilyen a *Perseus* kardmarkolatában látható, már említett kettős halmaz. Puszta szemmel is könnyen megpillantható felhőtlen és holdvilág nélkül való estéken a 63. lapon ábrázolt helyen. EASTON szerint a tejútnak megfigyelésünk alá eső része csak csekély mélységű az átmérőhöz mérve. A fotografiák tanulmányozása MAUNDER figyelmét a tejút sötét csatornáira terelte, oly helyekre, hol a csillag-

mező valóban kopárnak mondható, s melyekről talán arra lehet következtetni, hogy a tejút zsugorodási folyamatában gömbalakú halmazzá készül átalakulni.

**A csillagok eloszlása.** — Az égboltozaton való eloszlásuk tekintetében az egyenletesség hiánya szembeötlő. Ennek legjobb bizonyítéka az a tény, hogy csillagképekre való felosztásuk a legrégebb időktől kezdve divott. Csillaghalmazokkal szemben, mint tudjuk, csillagtalan foltok állanak, és gyakran, főleg ha távcsővel vizsgálunk, ismét egész csillagáramokra



317. ábra.

A Lant gyűrűsköde. (ROBERTS nyomán).

akadunk. *Egy* általános törvény mégis ismeretes, mely a csillagoknak az égboltozaton való látszólagos eloszlását szabályozza: a tejút mindkét sarkán (pólus) leggyéribben vannak elhintve és az éggömb felületegységére eső számuk minden irányban egyenletesen növekedik a tejút síkja felé. Ezt a fontos felfedezést SIR WILLIAM HERSCHEL-nek köszönjük, ki e végett az égnek egyes részein nagy fáradsággal tényleg megszámlálta a csillagokat (eljárásának műkifejezése csillagszámlálás [stargauges]). Vegyük például *Berenike hajfürtjét* (*Coma Berenices*) a tejút északi sarka közelében, hol bizonyos területen mintegy öt csillag van. Feleúton a tejút felé e szám már kétszer nagyobb és a tejúton belül az átlagos szám már a 120-at

is meghaladja, tehát annál gyorsabban növekedik, minél inkább közeledünk csillagrendszerünknek ezen alapsíkjához. KAPTEYN, a legújabb kutató, ki e felséges tárggyal foglalkozik, a mi csillagrendszerünknek alakját az *Andromeda* nagy ködfoltjához (l. az 504. lapon) hasonlónak találja; a korongalakú mag azt a halmazt ábrázolja, melyhez Napunk is tartozik, a külső gyűrű pedig a lapult csillagrétegek, melyeket a tejút öve környez.

**A ködfoltok.** — A ködfolt oly égi test, mely gyakran szabálytalan alakjával és fényével világító ködtömegnek látszik. Eddig összesen talán 8000-et ismerünk, a melyek helyzete a csillagok között meg van határozva. A ködfoltok nagyon különböző fényességűek, alakúak és nagyságúak. Igen sok közülök a spektroszkóp tanúsága szerint izzó, fénylő gázból, legnagyobbbrészt hidrogénből áll, és ezek zöldes színűek. Ezzel ellentétben néhány fehéres ködfolt felbontható, azaz különálló, gyöngé fényük miatt egyenkint nem látható csillagoknak halmaza. A ködfoltok alighanem az őseredeti khaosz anyagának maradványai, melyből évek milliói folyamán a Nap, bolygói és a csillagok alakultak. Néhány ködfolt változékony fényű.

**A ködfoltok osztályozása.** — Alakjuk különfélesége szerint a ködfoltokat öt osztályba sorozzuk. Vannak: (1) gyűrűs, (2) örvényalakú, (3) bolygószerű ködfoltok, (4) ködös csillagok és (5) szabálytalan, többnyire nagy terjedelmű ködfoltok. Némelyek hatodik osztályt is ismernek, ellipszisalakú ködfoltokat; de ezek hihetőleg oly gyűrűs ködfoltok, melyeket mi pontosan, vagy közelítőleg oldalról nézünk. A gyűrűs ködök némelyike is elliptikus, és alakjukon minden lehetséges lapultságot megtalálhatni; némelyik csupán tojásdad, több más (l. az 512. lapon) merő vonallá húzódik ki. Számos ködfoltnak SWIFT a felfedezője, és legterjedelmesebb jegyzékét DREYER készítette.

GOTHARD JENŐ és mások hosszantartó felvételekkel a gyengébb ködfoltokról is gyönyörű fotografiákat készítettek. Hires az *Eta Argus* körül látható szabálytalan ködfolt (l. a 467. lapon). Újabban GILL és RUSSELL sok órai felvétel útján sokszor fotografálta, és fényességének változásait ekkép elég tisztán lehetett felismerni.

**Nevezetes gyűrűs és elliptikus ködök.** — Ez osztálynak szép példányát GALE fedezte fel 1894-ben a *Daru* csillagképben a déli égen; de a legismertebb gyűrűs köd a *Lant* csillagképében van. Kis távcsövekkel igen gyengefényűnek látszik, de hatalmas műszerekkel belsejében igen sok csillagot fedezhetünk fel. Rajzunk fotográfia nyomán ábrázolja, de nem érzékíti a nagy távcsövekkel észrevehető bonyolult és szabálytalan szerkezetet. A középponthoz közel fekvő csillagot<sup>1</sup> változónak tartják. Az elliptikus ködfoltok között leg-



318. ábra.

Andromeda nagy ködfoltja (ROBERTS nyomán).

kiválóbb az *Andromeda* nagy ködfoltja, mely oly fényes, hogy segédeszköz nélkül pusztá szemmel is megláthatjuk az *Eta Andromedae* közelében. Távcsövön nézve feltűnőnek találjuk nagy terjedelmét; hossza körülbelül hét holdátmérő, és szélessége több, mint félakkora. Meglepő szerkezete, melyet csak ROBERTS gyönyörű fotográfiáiból ismertek meg 1888-ban, rajzunkon látható. Szembetűnő, hogy több részben különvált gyűrűből áll, melyeken sűrűsödésére valló csomók új csillagok keletkezését sejtetik. Szinképe tanúsítja, hogy nem gáz-

<sup>1</sup> Melyet GOTHARD JENŐ fedezett fel.

nemű; mindazonáltal még nem akadt távcső, mely csillagokra bonthatná.

**Örvényalakú és bolygószerű ködfoltok.** — LORD ROSSE nagy reflektora derítette fel először a csodálatraméltó örvényalakú ködöket, melyeknek legkiválóbb példánya a *Vadászebek* csillagképében található. Szerkezete miatt nincs módszer, mely felvételében a fotografiával vetekedhetnék, mint az rajzunkból is kitűnik. A tekervényeken számos csillagszerű sűrűsödés sorakozik, melyeknek mindegyike maga is ködszerű anyaggal van körülvéve. A spektroszkóp e ködfolt csillagtermészete



319. ábra.

A Vadászebek spirális köde (ROBERTS nyomán).

mellett tanúskodik, habár — az Andromeda ködfoltjaként — még egyes részek kivételével felbontható nem volt. — Bolygószerűeknek az oly ködfoltokat mondjuk, melyeken, mint a bolygókon, meglehetősen élesen határolt, többé-kevésbé kerek korong látható, csakhogy sokkal gyöngébb fényű. Majdnem kivétel nélkül gázból vannak. — Ködös csillagok azok a csillagok, melyeket a párás, lenge köd egészen beburkol. Többnyire csak távcsővel láthatók, igen szabályos alakúak; a ködburkolat némelyiken eléggé határozott, másikon kevésbé. Olyat is ismerünk, mely körül fénylő gyűrűk láthatók.

**A ködfoltok színe.** — SIR WILLIAM HUGGINS, ki 1864-ben legelőször alkalmazta a spektroszkópot a ködfoltok vizsgá-

latára, ezek szinképében oly fényes vonalakat talált, melyek közös chemiai szerkezetre vallanak, és izzó gázoktól, főleg hidrogéntől erednek. A szinképben legújabban héliumra is ráakadtak; de vannak oly vonalok is, melyek a földi anyagok között eddig még nem talált elemektől származnak. A gyűrűs, bolygószerű és — leginkább — a szabálytalan ködfoltok gázszinképet adnak, mely vagy rendkívül magas hőmérsékletre, vagy erős elektromos gerjesztésre enged következtetni. Úgy látszik, hogy mind a hőmérséklet, mind a nyomás a ködfolt magva felé növekedik. Számos ködfolt nem okoz fényes vonalokat, hanem inkább folytonos szinkép mutatkozik, mi különösen az Andromeda nagy ködfoltjáról áll. A fényes vonalok hiánya vagy annak tulajdonítható, hogy a gázok rendkívül nagy nyomás alatt vannak, vagy talán annak, hogy a ködfolt csillagok halmozódásából ered. Szintén ide vágó égi test a ROBERTS-féle fotografián jól ábrázolt nagy örvényalakú ködfolt a *Vadász-ebek* csillagképében. De a távcső e két köd egyikét sem bonthatta még különálló csillagokra. A fotografia alkalmazásával körülbelül 40 vonal ismeretes a ködfoltok szinképében; az *Orion* nagy ködfoltjáról pedig kimutatta KEELER és CAMPBELL, hogy szinképe majdnem minden egyes vonalának helyzete tökéletesen megfelel az ugyanazon csillagkép fényesebb csillagjaihoz tartozó szinképek kiválóbb sötét vonalainak.

**Orion nagy ködfoltja.** — Épen az Orion övének keleti vége alatt van az ég legnagyobb ködfoltja. Oly jellemzően fényes e jól ismert égi jelenség, hogy távcső nélkül is könnyen észrevehető. Ez az első ködfolt, melyet lefotografáltak; a siker DRAPER HENRIK nevéhez fűződik (1880-ban). Ködszerű anyaga messzire kiterjedve, teljesen beburkolja *Theta Orionis* csillagot, mely a *Trapez* néven is ismeretes (fotografiánkon nem igen látható, mert a ködfolt fényes középső része túl sugározza). Kisebb távcsövön nézve különösen megragadja figyelmünket az egyik oldalán látható nyílás, vagyis a fénylő anyagba mélyen bemetszett öböl, mely halszáj<sup>1</sup> néven ismeretes. A legjobb fotografiákon bizonyos csapadéknak és hópehely-

<sup>1</sup> Nálunk az Oroszlán szájának hívják.

hez hasonló szerkezetnek nyomára akadunk, és a fény zöldes színezete határozottan megismerhető. Belőle mindenfelé kiterjedt ködpamatok indulnak ki, melyek más csillagokat is beburkolnak. W. H. PICKERING fotográfiai lemezein külső nyulványai csigavonalszerűen görbülnek, és ROBERTS fotográfiáin már a ködfolt belsejében is láthatni örvénylő térségeket. Színképe izzó hidrogénről és héliumról tanúskodik, de oly anyagok jelenlétéről is, melyeket a földi elemek között még nem sikerült megtalálni. Ez a ködfolt nincs tőlünk nagyobb távolságban, mint a csillagok; KEELER megfigyeléseiből következik, hogy a



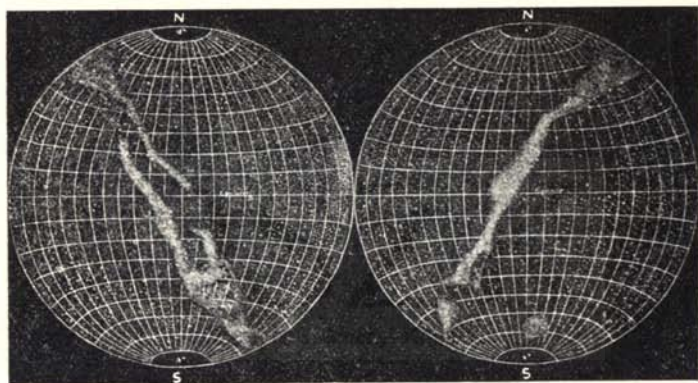
320. ábra

A nagy Orion-köd (BOND nyomán).

Naptól másodpercenként 18 kilométernyi sebességgel távozik és hogy szomszéd csillagokkal lényeges, benső összeköttetésben van. HOLDEN behatólag foglalkozott azzal a kérdéssel, hogy a ködfolt valamely részében van-e nyoma alakváltozásnak, de döntő eredményre nem jutott. Csak annyit derített ki, hogy a fény ereje bizonyos helyeken ingadozik, s ez ingadozást most is tanulmányozza.

**A ködfoltok eloszlása.** — Mondhatni, hogy a ködfoltok eloszlása az égboltozaton épen ellentétes a csillagokéval, de gyakoriságuk szintén határozott vonatkozásban van a tejúthoz. Egy pillantás rajzunkra erről meggyőz bennünket. Az apró pontok ködfoltokat jelentenek, nem csillagokat; és azonnal

szembeötlük, hogy annál sűrűbb csoportokba verődnek, minél nagyobb a tejúttól számított szögtávolságok. Miféle fizikai okon alapul e jelenség, nem tudjuk. Ép oly kevésbé ismerjük a ködfoltok távolságát, és ezért csak gyaníthatjuk, hogy a térben miképp helyezkednek el. Néhány ködfolt távolságának mérését megkísérelték, de csalódással kellett tapasztalunk, hogy a parallaxisuk rendkívül kicsiny, és meghatározása talán sohasem lesz módunkban. A ködfoltok tehát mindenestre oly messze vannak a naprendszerétől, hogy távolságuk, miként a csillagoké, csak fényesztendőkben fejezhető ki.



321. ábra.

A tejút és a ködök eloszlása (Proctor nyomán.)

KEELER spektroszkópi megfigyelései bizonyítják, hogy a ködfoltok térbeli mozgásának sebessége a csillagokéhoz hasonló; így például a *Sárkány* fényes ködfoltja másodpercenként 64 kilométer sebességgel közeledik felénk. De még egyetlen ködfolton sem fedezték fel azt, a mit a csillagoknál saját mozgásnak nevezünk.

**A világ kialakulása.** — A világkialakulás (kozmogónia) az anyagi mindenség fejlődésének tana. Semmi dolga az anyag eredetével, csupán törvényeivel és tulajdonságaival, és az ezekből eredő átalakulásokkal foglalkozik. A régi filozófusok az anyag eredetének kérdése elől kitértek, állítva, hogy a mindenségnek örök idő óta megvolt a jelenlegi alakja,

és sok ember lelkét most is kielégíti az ó-testamentum betűszerinti elbeszélése a teremtésről, melynek értelmében a Mindenható semmiből hat nap alatt lényegileg olyannak alkotta a mindenséget, a milyennek jelenleg is látható. A világkialakulás elfogadott elmélete szerint a mindenség kezdetben mindenfelé elterjedő khaosz volt, a szentírás szerint „ékesség nélkül való és pusztá“. Változhatatlan természeti törvények hosszas hatása következtében ebből fejlődött a mindenség jelenlegi rendezett állapota.

**A világegyetem szerfölött régi.** — Az elfogadott kialakulási elmélet ekkép körvonalozható. Valamikor az elképzelhetetlen távol multban, sok száz millió év előtt az egész, jelenleg a Földet, Napot, bolygókat és csillagokat alkotó anyag igen ritkás állapotban el volt szórva az égi térség kimondhatatlan terjedelmében. A világegyetem akkor még nem volt, ha csak nem mint lehetőség. Akkor, mikép most is, az anyagnak minden részecskéje minden más részecskét NEWTON törvénye értelmében vonzott. Fokonkint vonzási középpontok alakultak, melyek más részecskéket is maguk felé tereltek. Az anyagnak a középpont irányában, befelé való esése, részecskéinek összeütközése és egymáshoz való surlódása következtében a tömegek mindinkább felhevültek. A fénylő, izzó gázból, mely az eget terét betöltötte, ködfoltok alakultak, milyeneket kétes fényükben még most is látunk, csakhogy terjedelmük és számuk is határtalanul nagyobb volt.

**Csillagok és napok alakulása a tüzködből.** — Teltek a megszámlálhatatlan világkorszakok; az alakulási folyamat szünet nélkül tartott, és a tér némely részében talán gyorsabban ment végbe, mint máshol. Millió és millió számra alakultak a ködfoltok magvai; az összesűrűsödés haladt, és minthogy a részecskék nem eshettek egyenesen a vonzási középpontok felé, a ködanyagnak roppant örvénye indult meg; kezdődött a tengely körül való forgás, és a hőmérséklet elképzelhetetlen magas fokra emelkedett a középpontokban, a hol a sűrűsödés legnagyobb. Napunk is egyike volt e központoknak, de sem a Föld, sem más bolygó nem élt még külön életet, mert az anyag, a melyből felépültek, még a Nap nagy ködében szét volt szóródva. Minden fényes, vagy akár csak távcsövel lát-

ható csillag valamikor ilyen központ volt, vagy a világ felépülése folyamában a fokozatos fejlődés következtében olyanná lett.

**Bolygók alakulása ködös csillagokból.** — Az összehuzódás és sűrűsödés haladtával az örvénylő mozgás gyorsabodott, mert a tömegvonzás a részecskéket forgásuk tengelyéhez közelebb vitte, a forgás mozzanata pedig veszteséget nem szenvedett. A középpontfutó erő úgy idomította az egész tömeget, hogy először narancs-, azután óriási, közepén vastagodó korongformájúvá lett, zsebóránkhoz hasonló. Megtörténhetett az is, hogy a peremét alkotó tömegek nem foroghattak már oly sebesen, mint a tömörebb középponti tömeg; ennel-



322. ábra.

A bolygórendszer feltételezett keletkezése (l. 318. ábra).

fogva szakadás történt, a külső, még ködszerű részek gyűrűt alkotva leszakadtak és elmaradtak, az egész középső rész pedig ezen belül tovább zsugorodott. A gyűrű tömege, mint rajzunkból is látható, csak ritkán lehetett egyenletes eloszlású; csomói, mint tömegesebb részek, idővel a kisebb tömegűeket magukhoz vonzották, s ezzel a gyűrű mintegy bolygó-embrióvá lett, mely még mindig annyi idő alatt keringett a Nap körül, mint az anyaggyűrű. Ha a kész bolygó is ködtömeg maradt, ugyanolyan változatokon mehetett át, mint az eredeti köd: gyűrűk váltak le róla, melyek holdakká, mellékbolygókká tömörültek. Ezalatt az anyagköd összehuzódása tovább haladt, újabb gyűrűk szakadtak le, melyek világkorszakok multával belső bolygókká fejlődtek, míg gyűrűik rendszerint holdakká alakultak.

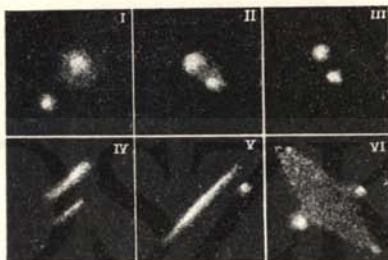
**A köd-elmélet régibb története.** — Körvonalalaiban ez volna a köd-elmélet. Jól megjegyzendő, hogy ez csupán igen elfogadható feltevés, tényleges bebizonyítása még nem sikerült, és valószínűleg sohasem lesz lehetséges. Fejlődése számos nagy szellem közreműködésének köszönhető. Az angol THOMAS WRIGHT, a svéd EMMANUEL SWEDENBORG és a német IMMANUEL KANT, mindannyian a XVIII. század folyamában — úgy látszik — egymástól függetlenül, csekély eltérésekkel, ugyanazt a feltevést állították fel. A KANT rendszere volt a legfilozófusabb, de minthogy ő nagyobb elméleti filozófus, mintsem természettudós hírében állott, épen ezért az ő fontos okoskodására nem irányult kellő figyelem. Midőn azonban LAPLACE nagy hírneve súlyt adott egy majdnem azonos feltevésnek, elismerték a csillagászok is, hogy ez az elmélet egészséges dinamikai elveken alapul. Azután a két HERSCHEL, apa és fiú, valamint LORD ROSSE óriási távcsövei a megfigyelések tanubizonyosságával támogatták a köd-elméletet; mert ők ködfoltokat fedeztek fel az égboltozaton, melyek között voltak gömb-, korong-, gyűrűalakúak, sőt örvényvonalúak is.

**A köd-elmélet további fejlődése.** — De LORD ROSSE nagy távcsöve arról is tanuskodott, hogy legalább néhány ködfolt csillagokra bontható. Ezzel a halomradólás veszélye fenyegeti a köd-elméletet, főleg ha valamennyi ködfoltnak csillagokra való felbontása sikerülne. Csakhogy a XIX. századnak közepén túl a szinképi elemzés pár év alatt bizonyossá tette, hogy számos ködfolt izzó gázok tömege, tehát csillagokra egyáltalán nem bontható. Körülbelül egyidejűleg HELMHOLTZ azzal a szintén már elfogadott elmélettel állott elő, mely a Nap melegének megmaradását összehuzódásával magyarázza; az amerikai LANE pedig bebizonyította, hogy a vonzás következtében zsugorodó gáztömeg hőmérséklete óriási hővesztesége daczára tényleg emelkedhetik.<sup>1</sup> Így nem szorulunk ama feltevésre, hogy a köd már eredetileg is magas hőmérsékletű anyag volt. LORD KELVIN, a lángelméjű angol fizikus is megerősítette a Nap melegére vonatkozó számításaival e feltevést, és arra az ered-

<sup>1</sup> Ugyanezt levezette számos érdekes dolgozatában a német A. Ritter is.

ményre is jutott, hogy ez a hő valószínűleg már 20 millió esztendő óta van meg.

**Újabb kibővítések.** — Jött azután DARWIN G. H. (cambridgei egyetemi tanár), ki a XIX. század későbbi folyamán matematikailag kimutatta, milyen jelentékeny hatást szülhet az ár-apálylyal járó sűrűlódás, melyet előbbi kutatásokban mindig elhanyagoltak. A gyűrűnek bolygóembrióvá való tömörülése nem volt könnyen magyarázható folyamat; de DARWIN kimutatta, hogy a Holdnak valószínűleg sohasem volt a Földet környező gyűrű-alakja, hanem a Földnek túlságos gyors örvénylése következtében már mint gömbtömeg vált külön az anya-



323. ábra.

Kettős ködfoltok különféle típusai (LORD ROSSE.)

testtől. Megmagyarázta továbbá, hogyan tolhatta el a Holdat jelenlegi távolságáig a két formálható tömegen jelenkező nagy hullámjárás kölcsönös hatása: ugyanis a földi árhullám megelőzi a Holdat, ennél fogva a Hold a hullámot visszaszorítani igyekezik. Megfordítva a földi hullám előre tolni törekszik a Holdat, ezzel pályáját nagyobbítja, és a Földtől való középtávolsága nő. DARWIN kutatásai világot derítettek arra a rejtélyes jelenségre is, hogy a Mars belső holdjának keringési ideje e bolygó tengelyforgási idejénél rövidebb, valamint arra az újabban felfedezett tényre, hogy a Merkúr és a Vénus mindig ugyanazon oldalát fordítja a Nap felé, és hogy, miként Holdunk a Föld felé, Jupiter holdjai is mindig ugyanazon képöket fordítják főbolygójuk felé. Még később SEE, ki a most előadott elveket a csillagrendszerekre alkalmazta, a kettős

csillagok pályáinak igen nagy külpontosságát is megmagyarázhatta; okát a hullámjárás előidézte surlódás hosszantartó, százados hatásában találta. E szerint a kettős csillagok eredetileg kettős ködtömegek voltak, melyek a protozoákon észlelhető hasadás módjára váltak ketté. POINCARÉ matematikailag bebizonyította, hogy az örvénylő ködtömeg összehúzódása következtében körte vagy homokóra alakjára torzulhat, a minnek végre elszakadás az eredménye. A megfigyelések is kitűnően bizonyítják ezt, ha az égboltozat különböző részein felfedezett kettős ködfoltokat tekintjük (I. rajzunkat).

**A köd-elméletet támogató bizonyságok.** — Összefoglaljuk mindazokat a bizonyságokat, melyeket az eddig ismert egész világegyetem nyújt:

(a) Távcsővel átfürkészve az eget, számos, alakjuk szerint az elméletnek megfelelő ködfoltra akadunk.

(b) A szinképi elemzés azt bizonyítja, hogy chemiai összetétel tekintetében a világegyetem egyöntetű.

(c) A csillagok kialakulása arra a feltevésre kényszerít, hogy a csillagok születnek, nőnek és hanyatlanak is. Ennek szükséges voltát csak erősíti az a tény, hogy a csillagok szinképe nagyban eltérő osztályokhoz tartozik, melyek valószínűleg arra utalnak, hogy a csillagok kora tekintetében nagy a változatosság, ámbár ez még nincsen minden részletében kellően megvilágítva.

(d) A mi Napunk olyan, mint a többi álló csillag, és koronája azokhoz a ködfény-pamatokhoz hasonlít, melyeket az elmélet alapján várhatunk.

(e) A Nap melegének megmaradását a Nap folytonos összehúzódása alapján magyarázhatni legjobban.

(f) A bolygók a Nap körül, és a holdak a bolygók körül majdnem ugyanazon síkban keringenek (a néhány kivétel nehézség nélkül magyarázható).

(g) Valamennyi bolygó, a mennyire tudjuk, ugyanazon irányban forog a tengelye körül, mint a milyenben a Nap körül kering.

(h) A Nap körül körben elterülő apró-bolygók öve és a Saturnust környező hármás gyűrű kiválóan tanulságos, és a köd-elmélettel teljes összhangban látszólag állandóan illusz-

trálja a világok alakulása félbeszakadt folyamatának egyik fokozatát.

**Más világok a miénken kívül.** — A csillagok eddig ismert távolságait vizsgálva, minden irányban találunk a naprendszer-től mérhetetlen messzeségben levő csillagokat, szétszórtan, még távolabbak miriádjai között, melyek távolságait valaha kifürkészhetni egyáltalában nincs reményünk. Mi van még azon is túl? Ha feleletet akarunk, a tények köréből kilépve, csak a képzelőtehetséghez fordulhatunk. A tért csakis határtalannak gondolhatjuk. A végtelen tér fogalma minden határ lehetőségét kizárja. De a legnagyobb távcsövekkel látható csillagok száma is messze van a végtelentől; mert nagyon túlbecsülnők e számot, ha feltennők, hogy a mi kis bolygónkon e pillanatban élő emberi lények mindegyikére tíz csillag jut. Tehát hihető, hogy a világűr észszel fel nem érhető mérhetlenségét más világok is népesítik azon az egyen kívül, melyet távcsöveink tárnak fel előttünk? Kénytelenek vagyunk következtetésképen kimondani, hogy igenis, minden valószínűség szerint úgy van. Valamint a mi bolygórendszerünket minden oldalról téres, csillagtalan űr környezi, úgy kétségtelenül óriási csillaghalmazunk is mindenütt végtelen mélységű, őt magába ölelő külső térbe merül. Oly távol kell lenniök e külső tejutaknak, hogy az onnan érkező fény, ha ugyan ki nem alszik útközben, noha egyetlen másodperc alatt nyolczszor rohanhat a Föld körül, csupán évek millióinak elteltével érhet hozzánk. Valóban, a végtelen tér a véges elmét meghaladó fogalom. NEWTON-nal végezzük e könyvet, kinek szavaival kezdtük: „Az ő ideje óta“, így szólt Angolország legnagyobb csillagászainak egyike Cardiffban tartott megnyitó beszédében (1891), „a természet jelenségeiről való ismereteink csodásan szaporodtak; de az emberiség most talán még nyugtalanabbul kérdezi, mint akkor: mi a végleges valóság az érzéki észrevétel valóságán túl? Csupán a vízpart kövecskéivel játszadoztunk eddig? A végső valóság és igazság oceánja nincsen-e még azon túl?“

## FÜGGELÉK A 483. LAPHOZ.

Az első, a ki a csillagszínképeket fejlődéstani szempontból kiinduló, és ennél fogva fizikai alapon osztályozta, H. C. VOGEL volt. A szakadatlanul haladó kutatás nem látta szükségesnek e beosztás módosítását, sőt czélszerűségét mindinkább megerősítette. Az

### I. típus

mindama csillagok színképét magában foglalja, melyben a fémek jelenlétére utaló vonalak felette gyengék, vagy éppen-séggel teljesen hiányzanak. A színkép fénytörőbb része, a kék és ibolya szín kirívó fényerejével ötlük fel. *Fehér csillagok osztálya.*

- a) Igen gyengén látható fémvonalok mellett rendkívül erős és széles hidrogénvonalak jelenkeznek. (Ide tartozik a legtöbb fehér csillag, pl. Sirius, Vega, ld. 305. ábra. I.).
- b) A hidrogénvonalak és a kevés számú fémvonal egyenlő erősséggel, szélességgel és éles határolással jelennek meg. ( $\beta$  Orionis,  $\alpha$  Cygni, [Rigel, Deneb]).
- c) A hidrogén és hélium vonalai fényesek ( $\beta$  Lyrae,  $\gamma$  Cassiopeiae).

### II. típus.

Színképében igen számos, élesen határolt fémvonal látható. A színkép erősebben fénytörő része halavány, és a

kevésbé fénytörő részében gyenge sávolyok jelenkeznek.  
*Sárga csillagok osztálya.*

- a) Nagyon számos fémvonalal jellemzett szinképek; a vonalak, különösen a sárga és zöld színben intenzitásuk folytán felötlők, a hidrogénvonalak erősek, de nem szélesednek annyira, mint az I. a) típus szinképében. A mennyiben ez utóbbi vonalak némely csillagban gyengék, szinképének erősebben fénytörő részeiben sűrűn álló vonalak halvány sávolyokká csoportosulnak (pl. Capella, Arkturus, Aldebaran, Napunk; ld. 305. II. ábra és 307. ábra).
- b) Szinképek, melyekben sötét vonalakon és egyes gyenge sávolyokon kívül több fényes vonal is mutatkozik (pl. Wolf-Rayet hattyúcsillagai, R. Geminorum).

### III. típus.

Sötét vonalokon kívül a szinkép minden részében számos sötét sávoly is észlelhető. Az erősebben fénytörő részek felette gyengék, a szinkép vörös színe ragyogó. *Vörös csillagok osztálya.*

- a) A sötét vonalakon kívül fellépő sávolyok a szinkép ibolya része felé élesen határoltak, a vörös vég felé elmosódnak ( $\alpha$  Herculis,  $\alpha$  Orionis,  $\beta$  Pegasi; ld. 305. III. ábra).
- b) Igen sötét és igen széles sávolyok, melyek éles, sötét határolása a vörös vég felé fordul, míg az ibolya vég felé halványodva elmosódnak. (Ötödrendnél kisebb csillagok, pl. Schjellerup, vörös csillagok katalógusának 152. száma; ld. 305. IV. ábra.)

Az álló csillagoknak mintegy fele az I.,  $\frac{3}{8}$ -ada a II. és  $\frac{1}{8}$ -ada a III. tipushoz tartozik, és az egyes típusok között folytonos átmenetet alkotó csillagok valamennyien ismeretesek. Minthogy csillagrendszerünk eredete egységesnek tekinthető, az egyes típusok gyakorisági számát úgy is értelmezhetjük, hogy az egyes csillagok fejlődési menetükben háromszor annyi ideig vesztegelnek a sárga, és négyszer annyi ideig a fehér csillagok, mint a vörös csillagok állapotában.

A csillagtipusok határozott hőmérsékleti léptéknek felelnek meg. Ha felszíni hőmérsékleten annak a (fotoszféri) rétegnek hőmérsékletét értjük, melyből a fénynek legnagyobb része árad ki, ekkor mondhatjuk, hogy a fehér, sárga és vörös csillagok felszíni hőmérséklete  $6300^{\circ}$ , illetőleg  $5200^{\circ}$  és  $4500^{\circ}$  C. Ez utóbbi hőmérséklet megközelíti a laboratóriumban elérhető, és így érthető, hogy a vörös csillagokon már chemiai vegyületeket, kivált a III. b) típusú csillagokon már szén-hidrogéneket is találunk.

*Revisor.*

OSZK

Országos Széchényi Könyvtár



## MŰSZÓTÁR.

### A

Aberratio (évi), a fénysugár látszó eltolódása a Föld napkörüli mozgása következtében.

Aberratiós ellipszis, az állócsillagok által egy év alatt leírt látszó pálya, mely a földkeringésnek tükörképe.

Aberratiós idő, azon idő, mely alatt a fény valamely bolygóról a Földre jut.

Achromatikus, l. szintelenítő lencse.

Aequator, l. egyenlítő.

Aequatoreál, az egyenlítő rendszere szerint felállított távcső.

Aequinoctium, l. tavasz és őszpont.

Akasz, échappement l. ingaakasz.

Aktinikus erély, aktinikus hatás, a. m. chemiai erély vagy hatás, tehát különösen a fénynek a fotografiai lemezre való hatása.

Aktinikus spektrum, l. chemiai spektrum.

Aktinométer, l. pyrhelimeter.

Alap (basis), a háromszögelés (l. ezt) kiinduló háromszögének a lehető legnagyobb pontossággal tényleg lemért oldala.

Alapjegyzék, l. fundamentális katalógus.

Albedo, a bolygó felszínéről visszaverődő napfény mennyiségének viszonya a ráeső fényhez.

Állás, a bolygónak viszonyos helyzete a Naphoz.

Állás, a helyes idő és az óra adta idő különbsége.

Állatöv, zodiakus, az ekliptika mentén húzódó keskeny öv, melyen belül a bolygók, a Nap és a Hold mozognak.

Állatövi (zodiakális) fény, gyenge, az ekliptika mentén terjedő fényjelenség.

Állatövi jegyek, az ekliptika tizenkettő részzei.

Álló tengelyű gömb, l. sphaera parallela.

Almagest (Ἡ μεγάλη συνταξις.), Ptolemaeus híres csillagászati műve.

Almanach, a. m. csillagászati naptár.

Almukantarát, a horizonttal párvonalas kisebb kör.

Alsó bolygók, a földpályán belül fekvő bolygók.

Alsó együttállás, az alsó bolygók elhelyezkedése a Föld és Nap közé.

Altazimut, csillagászati műszer az égi testek magasságának és azimutjának lemérésére.

Andromedidák, a hasonló nevű csillagképből nov. 26-án kisugárzó Biela-féle hulló csillagok.

Antiapex, a célponttal szembenfekvő pont; l. célpont.

Apadás (ebb), a dagálytól az apályig terjedő idő.

Apastron, l. csillagtávól.

Apex, l. célpont.

Aphelium, l. naptávól.

Apogeum, a. m. a Hold földtávola.

Apró bolygók, a Mars és Jupiter között keringő égi testek.

Apsis-vonal, a. m. ellipszis nagy tengelye, vagy ennek az éigig való folytatása.

Áradás (flood), az apálytól a dagályig terjedő idő.

Armillaris sphaera, l. astrolabium.

Árnyék, mag, umbra, a napfolt belső, legsötétebb része.

Árnyék (fogyatkozásoknál), a Föld és Hold mögötti tér, melybe napfény nem hatol.

Aspectus, l. állás.

Astrognózis, l. égleírás.

Astrolabium, az ég főbb köreit érzékitő műszer, mely kezdetleges mérésre is használható.

Aszteroidák, l. apró bolygók.

Átmenet, valamely égi test áthaladása az ég egy legnagyobb körén, délkörön, vagy fonalkeresztben.

Átmeneti cső vagy műszer, csillagászati táveső, mely csupán a délkör síkjában forgatható

és a csillagok delelésének meghatározására szolgál; l. délkör.

Átnéző, dioptra, két finom nyílás, általában két állandó pont, a látás irányának rögzítésére.

Átvonulás (transit), az alsó bolygók elhaladása a napkorong előtt; holdak elhaladása a bolygókorong előtt.

Azimut, valamely csillag horizont menti távolsága a délponttól.

Azimutalis kör, l. almukantarát.

## B

Barázdált, kannelált szinkép, egyoldalulag elmosódott sávolyokból álló szinkép.

Basis, l. alap.

Bell (harangjel), a hajón divó napbeosztás szerint a félóra.

Belső bolygók, vagy földjellegű bolygók a Jupiter pályáján innen eső bolygók.

Bessemer-converter, Bessemer-körte, az aczélgártáshoz szükséges olvasztott vasat tartalmazó megfordítható edény.

Bielidák, l. Andromedidák.

Billegő, a chronométer ingája.

Binarius csillag, l. ikeresillag, kettős csillag.

Bolometer, rendkívül gyenge sugárzó hő mérésére szolgáló készülék.

Bolygó, planéta, a Nap körül keringő égi testek.

Bolygóközi anyag, a naprendszer terét kitöltő finom eloszlású kozmikus por-anyag.

Bolygórendszer, l. naprendszer.

Bore, l. torlóó ár.

Box chronométer, l. chronométer.

Brachyteleskop, a tükörtávesőnek egyik neve.

## C

- Centrális fogyatkozás, l. közép-  
ponti fogyatkozás.
- Centrális Nap, l. központi Nap.
- Centrifugális erő, l. középpontfutó  
erő.
- Chemiai hatás, l. aktinikus erély.
- Chemiai v. fotografiai spektrum,  
a. m. a színeknek ibolyántúli  
része.
- Chronograf, időjelek rögzítésére  
szolgáló készülék.
- Chronológia, történelmi időadatok  
szabatos megállapításának tana.
- Chronométer, hordozható, pontos-  
san járó óra.
- Chromoszféra, a Napot környező  
vékony izzó gázréteg.
- Circumpoláris csillagok, l. foly-  
tonosan látható csillagok.
- Clepsydra, a. m. vízi óra.
- Collimatio vonal, a tárgylencse  
és fonalkereszt középpontját  
összekötő egyenes.
- Coma, l. üstök.
- Compensatio, l. kiegyenlítés.
- Configuratio, l. csillagkép. Annyi  
is, mint alakzat, alakulás.
- Conjunctio, l. együttállás.
- Constellatio, l. csillagkép.
- Coronium, föltételezett chemiai  
elem, a napkorona főbb al-  
kotója.
- Crown-üveg (korona-üveg) az ösz-  
szetett tárgylencse domború  
részének anyaga.
- Csatornák, egyenes keskeny vo-  
nalok a Mars felszínén.
- Csigakúp, a chronométert hajtó  
rugónak felhúzás után való fe-  
szültség-változását szabályozó  
alkotórész.
- Csillagászati évkönyvek, nagyszá-  
búsú naptárak, melyek jó előre
- a Nap, Hold és bolygók hely-  
zetét, keltét, nyugtát, a főbb  
álló csillagok helyzetét közlik  
az év minden napjára.
- Csillagászati nap, a déltől 24  
óraig számított közép nap.
- Csillagdrift, l. csillagvonulás.
- Csillagév (siderikus év), azon idő,  
mely alatt a Föld a Napot  
teljesen körüljárja.
- Csillagfödés, l. födés.
- Csillaghalmoz, számos, sűrűn álló  
csillag rendszere.
- Csillagkereső, egyszerű, a csillag-  
képek megismerését könnyítő  
aequatoreal.
- Csillaghullás, a. m. hulló csillag  
felvillanása.
- Csillagidő, az ég forgása által  
közvetlenül lemért idő, kö-  
zelebről a tavaszpont távol-  
sága az észlelési hely délkörétől.
- Csillagjegyzék, katalógus, az  
állócsillagok egyenes emelke-  
dését és elhajlását tartalmazó  
táblázatok.
- Csillagkatalógus, l. csillagjegyzék.
- Csillagkép, constellatio, configu-  
ratio, több állócsillagnak ön-  
kényes csoportba foglalása.
- Csillagközel, periastron, kettős  
csillag pályájának azon pontja,  
melyben a két csillag. távol-  
sága legkisebb.
- Csillaglampa, egyszerű segédesz-  
köz a csillagos ég tanulmá-  
nyozására.
- Csillagnap, stelláris v. siderikus  
nap, a Föld tengelyforgásának  
tartama.
- Csillagnyom, trace, mozgó csillag  
képe fotografiai lemezen
- Csillagóra, percz, másodpercz ; a  
csillagnap 24-ed, 1440-ed és  
86.400-ad része.

Csillagpár, l. ikercsillag.  
 Csillagrend, l. rend.  
 Csillagrendszer, a látható csillagos ég összessége.  
 Csillagtávolság, apastron, kettős csillag pályájának azon pontja, melyben a két csillag távolsága legnagyobb.  
 Csillagvonulás, csillagdrift, az égen egyenlő irányok felé mozgó csillagok összessége.  
 Csomók, a Hold- és bolygópályák metszési pontja az ekliptikával.  
 Csomóvonal, a bolygópálya metszési vonala az ekliptikával.  
 Csóva, a. m. üstökös farka.  
 Culminatio, l. delelés.  
 Célpont, iránypont, apex, az ég azon pontja, mely felé a Föld napkörüli útjában, vagy a Nap térbeli mozgásában pillanatnyilag tart.

## D

Dátumválasztó, a Föld azon délköre, melyen a hajós keltezését megváltoztatja.  
 Declinatio, l. elhajlás.  
 Declinatio-tengely, az aequatoreal egyik forgási tengelye.  
 Declinatio-kör, az aequatoreál egyik beállító és leolvasó köre.  
 Declinatio-kör, l. délkör.  
 Deferens-kör, oly kör, melynek kerületét más kisebb kör középpontja egyenletesen futja be.  
 Delelés, culminatio, az égi testek délkörátmenete.  
 Déli csillagidő, a pontosan járó csillagóra középdéli adata.  
 Délkör (általánosabb értelemben), meridián, órakör, v. declinatio-kör, minden, a világtengelyen átmenő legnagyobb kör,

Délkör (szűkebb értelemben) meridián, a zenitet és az ég sarkát magában foglaló legnagyobb kör.  
 Délkör, meridiánkör, műszer a csillagoknak delelésükkor való megfigyelésére.  
 Délvonal, meridián, a délkör metszése a vízszintes sikkal.  
 Diafragma, fényfogó-kör, nyílással ellátott korong, melylyel valamely lencse nyílása kisebbitethető.  
 Diffractions kép, l. fényelhajlási kép.  
 Diffractions rács, l. fényrács.  
 Diffractions szinkép, l. normális szinkép.  
 Dioptra, l. átnéző.  
 Dioptrikus táveső, l. refraktor.  
 Direkt mozgás, l. előretartó mozgás.  
 Directrix, l. vezérvonal.  
 Dispergálás, dispersio, l. színszórás.  
 Dogwatch, l. félórség.  
 Doppler elve, meghatározza a módosulást, melyet felénk mozgó fényforrás fénye szenved.  
 Dült tengelyű gömb, l. sphaera obliqua.

## E

Échappement, akasz, l. ingaakasz.  
 Égbolt, a nappal látható, lapos égbolpa.  
 Éggömb, a csillagos ég, melynek középpontjában látszólag a megfigyelő áll.  
 Égleírás, astrognózis, a csillagos égnek, különösen a csillagképeknek egyszerű leírása.  
 Egyenes emelkedés, recta ascensio, az égi test egyenlítő-

- menti távolsága a tavaszi nap-  
éjegyenlőségi ponttól.
- Egyenlítő, aequator, az égnek a  
világtengelyre merőlegesen álló  
legnagyobb köre.
- Egységes idő, zónaidő, a helyi idő-  
nek megfelelő egész órák meg-  
tartásával greenwichi idő.
- Együttállás, conjunctio, két égi  
testnek ugyanazon órákörben,  
vagy hosszúsági körben tartóz-  
kodása; az együttállás e sze-  
rint egyenlítői, vagy ekliptikai.
- Éjféli Nap, nyáron az északi  
sarkkörtől északra a Nap alsó  
delelése is látható.
- Ékfotométer, ékalakúan csiszolt  
sötét üveg az égi testek fé-  
nyességének meghatározására,
- Ekliptika, Nap- vagy Föld-pálya,  
azon sík illetőleg legnagyobb  
kör, melyben a Föld a Nap  
körül tényleg, vagy a Nap a  
Föld körül látszólag kering.
- Ekliptika ferdesége, a nappálya  
és egyenlítő hajlásszöge.
- Ekliptikai meridián, l. hosszúsági  
kör.
- Ekliptikai paralelkör, l. széles-  
ségi kör.
- Ekliptikai sarktávolság, valamely  
égi test távolsága az ekliptika  
északi sarkától.
- Elektromos hőoszlop, gyenge su-  
gárgzó hő mérésére szolgáló  
készülék.
- Elemek, a bolygópályát teljesen  
meghatározó hat adat.
- Élesség, l. képelesség.
- Elgörbülés, a nagy tükrök alak-  
változása súlyuk következtében.
- Elhajlás, declinatio, az égi test  
távolsága az egyenlítőtől.
- Elhajlási színekép, l. normális  
színekép.
- Ellipszis, zárt kúpmetset, a boly-  
gók, kettőscsillagok és vissza-  
térő üstökösök pályája.
- Ellipszoid, oly test, melynek bár-  
mely irányú sík metszete ellip-  
szis.
- Elnyelés, az átlátszó anyagok  
visszatartanak valamit a rajtuk  
áthaladó fényből.
- Elongatio, l. kitérés.
- Előretartó (direct) mozgás, a  
bolygó kelet felé irányuló futása.
- Első tető- vagy vertikális kör, a  
zeniten és a kelet-nyugot pon-  
ton átmenő legnagyobb kör.
- Energia, a. m. erély, l. ezt.
- Ephemeris-gyűjtemények, l. csil-  
lagászati évkönyvek.
- Epicyklois, közelítésben, a boly-  
gók földkörüli látszó pályája.
- Epicyklus, kör, melynek közép-  
pontja más kör kerületén egyen-  
letesen kering.
- Epocha, az az időpont, melyben  
valamely bolygó helyzete ismer-  
retes, vagy a melyre a csillag-  
jegyzék érvényes.
- Equatorial coudé, l. könyöktáveső.
- Erély, energia, a. m. munka-  
végzés képessége.
- Érintkezés, fogyatkozásnál vagy  
átvonulásnál azon pillanat,  
melyben a Hold, vagy alsó  
bolygó a Nap korongjába belép,  
vagy onnan kilép.
- Erős tengerjárás, l. szökő ár.
- Évi parallaxis, l. parallaxis.
- Evolutio, l. kialakulás.
- Excentricitás, l. külpontosság.
- Exponálás, kinntartás, a fotográ-  
fiai lemez kitétele a fény hatá-  
sának.
- Ezüst-tükör, az újabb reflektorok  
elülső oldalának megezüstözött  
üvegtükre.

## F

- Fáklyák, a fotoszféra fölé emelkedő fényes foltok.
- Fátyolozott foltok, elmosódott napfoltok.
- Fázis, a. m. fényalak, fényváltozás.
- Fehérség, l. albedo
- Fekvő tengelyű gömb, l. sphaera perpendicularia.
- Félárnyék (fogyatkozásnál), a Hold és Föld mögötti tér, melybe napfény csak részben hatolhat.
- Félárnyék, udvar, penumbra, a napfoltok kevésbé sötét szegélye.
- Félnapi ív, l. nappali ív.
- Félórség, a hajón divó napbeosztás szerint a d. u. 4-től 6-ig és 6-tól 8-ig terjedő időköz.
- Felső bolygók, a földpályán túl fekvő bolygók.
- Felső együttállás, az alsó bolygók azon elhelyezkedése, midőn a Földről nézve a Nap túlsó oldalán állanak.
- Felszálló csomó, a Hold- vagy bolygópálya felszálló ágának metszése az ekliptikával.
- Fényalak, a Hold s a bolygók megvilágított részének alakja.
- Fényegyenlet, azon idő, mely alatt a fény a Nap és Föld között való távolságot befutja, l. aberratiós idő.
- Fényelhajlási (diffractiós) kép, a csillag távcsövi képe nem élesen beállított nagyítón nézve.
- Fényelnyelés, l. elnyelés.
- Fényesség, az égi testeknek szemünkre való fényhatása, l. rend.
- Fényév, azon távolság, melyet a fény egy év alatt befut.
- Fénygörbe, a változó csillagok nagyságrendjét az idővel való összefüggésében ábrázoló rajz.
- Fénygyűjtő erő, a távcső objektívje által felfogott sugárnyaláb keresztmetszete.
- Fényhatár, terminator, a Hold és a bolygók korongján a nap-éj választó vonala.
- Fényrács, igen sűrű, szabályos karcolatú felszín, mely a fényt elhajlítás útján színekpre bontja.
- Fényváltozás, l. holdváltozás.
- Finom mozgató, a távcső végleges beirányítására szolgáló, lassan működő csavarok.
- Flint-üveg, az összetett tárgylencse homorú részének anyaga.
- Focus, l. gyújtópont.
- Focus síkja, l. gyújtó-sík.
- Fogyatkozási év, a Nap látszó keringése a holdcsomóhoz viszonyítva.
- Fogyatkozási határ, azon időköz újhold és telthold körül, melyen belül fogyatkozás lehetséges.
- Fogyatkozási szakok, az év azon része, melyre a fogyatkozási határ esik.
- Foltok, sötét helyek a fotoszférában, vagy a bolygók felszínén.
- Folytonos színekép, fényes, vagy sötét vonalakat nem tartalmazó színszalag.
- Folytonosan látható csillagok, az északi sark körüli a földrajzi szélességgel mint sugárral leírt körön belül levő égi testek. A déli sark körül hasonlóan elhelyezett csillagok folytonosan láthatatlanok.
- Fonálháromszög, madzagból álló készülék a csillagok delelésének megfigyelésére.
- Fonálkereszt, l. pókháló-szál.

Foszforeszcenzia, a Vénus éjjeli félgömbjének gyenge fényjelensége.

Fotochronograf, csillagátmenetek automatás jelzésére szolgáló műszer.

Fotografiai gyújtópont, a fotografikailag hatásos sugarak találkozó helye.

Fotografiai megfigyelés, észlelés fotografiai úton.

Fotografiai spektrum, l. kémiai spektrum.

Fotométer, a. m. fénymérő, az égi testek fényének mérésére szolgáló műszer.

Fotoszféra, a Napnak fénysugárzó felszíni burkolata.

Főcsillag, az ikeresillagok fényesebb alkotója.

Födés, occultatio, állócsillagnak vagy bolygónak eltakarása a Hold által (csillagf., bolygóf.); ritkábban álló csillagnak elfödése bolygó által.

Földjellegű bolygók, l. belső bolygó.

Földfény, l. hamuszürke fény.

Földi, v. egyenesítő táveső egyenesen álló képeket ad.

Földközeli, l. perigaeum.

Földpálya, l. ekliptika.

Földtávol, l. apogaeum.

Földtengely, l. világtengely.

Fraunhofer-féle vonalak, a színképet átszelő sötét vonalak, melyek a fényforrás, helyesebben az őt környező gáz anyagát jellemzik.

Fundamentális katalógus, a lehető legpontosabb helymeghatározásokat tartalmazó csillagjegyzék.

Függő eltérése a földszögértől, azon szög, melylyel a függő a

földgömb sugarától dél felé tér el.

Függőleges kör, vertikális kör, a zeniten átmenő legnagyobb kör, mely tehát a horizonra merőlegesen áll.

Függő (függőleges, függő ón, piom), zsinóron függő súly a függőleges vonal kijelölésére.

## G

Gázbezárkózás, oclusio, a csillagászatban a meteoritek anyagának gáznyelése.

Gázelmélet, l. kinetikai gázelmélet.

Gegenschein, l. visszafénylés.

Glóbus, az ég- vagy földgömb másolata.

Geodézia, a Földnek mint világtestnek tudományos felmérése.

Gnomon (a. m. mutató), legegyszerűbb csillagászati műszer, függőleges pálcza, melynek árnyékát figyeljük.

Gödrök, a holdfelszín legapróbb krátermélyedései.

Gömbi csillagászat, az éggömb három koordináta rendszerének kölesönös vonatkozásáról szóló tan.

Görbületi középpont, a tükör v. lencse gömbfelületének középpontja.

Gravitatio, l. tömegvonzás.

Gyroskop, a. m. pörgettyűszerkezet.

Gyújtópont, a kúpszeletekben, mint égi testek pályájában azon pont, melyben a Nap, vagy a főttest van.

Gyújtópont (focus), optikai rendszer számára azon pont, melyben végtelen távoli tárgy sugarai egyesülnek.

Gyújtósík, a gyújtópontban az optikai tengelyre merőlegesen fektetett sík.

Gyűrűs fogyatkozás, mikor a Hold a napkorongnak csak belső részét sötétíti el.

Gyűrűshegy, a Holdon óriási falal szegélyezett köralakú fensíkok.

## H

Háborgás, perturbatio, a bolygók eltérése az egyszerű elliptikus mozgástól egy második bolygó vonzó hatása következtében.

Hajlás, a Hold vagy bolygópálya szöge az ekliptikával.

Hajó-chronométer, l. chronométer.

Hajójárat, kurzus, útvonal.

Hajójárat utasítások (sailing directions), a meteorológiai és oceánográfiai tényezők tekintetbevételével kijelölt legrövidebb hajójáratok.

Hajszárlugó, a billegő lengéseit szabályozó chronométerrész.

Háromszögelés, triangulatio, geodéziai művelet hosszabb meridián- vagy parallel körívnek darabonként való felmérésére.

Harvest moon, l. őszi holdtölte.

Hasáb, prizma, éiben csiszolt üvegtest a fehér fény szétzórására.

Hasábszínkép, a. m. hasáb által előállított színkép.

Hatályosság, az objektív fénygyűjtő és képrészletező hatása.

Hátrálás, hátranyomulás l. praecessio.

Hátráló (retrograd) mozgás, a bolygónak keletről nyugotfelé tartó látszó mozgása.

Heliométer, apró szögek igen pontos mérésére szolgáló távcső.

Helioskóp, fénytompító készülék a Napnak megfigyelésére természetesen színében.

Heliostat, órával mozgatott tükör a napfénynek állandó irányba való terelésére.

Hesperus, a Vénusnak mint alkonycsillagnak neve.

Holdnegyed (quadratura), a Holdnak fényalakja, midőn 90"-ra van jobbra, vagy balra a Naptól.

Hold, satelles, trabans, a bolygók kísérője, mely a főtest körül kering, mint emez a Nap körül.

Holdváltozás, lunatio, fényváltozás, a Hold összes fényalakjait felölelő időköz, a. m. fényváltozati, vagy synodikus hónap.

Horizon (tulajdonképeni), a megfigyelő szemén áthaladó, az édig folytatott vízszintes sík; mindig a szemhatár felett van, l. szemhatár. Ha a Föld középpontján megy át az előbbivel párvonalosan, valódi horizon a neve.

Horológia, a. m. óratan.

Hosszúság (égi), valamely égi test ekliptikamenti távolsága a tavaszponttól.

Hosszúság (földrajzi), valamely hely egyenlítőmenti távolsága bizonyos kezdő délkörtől.

Hosszúsági kör, ekliptikai meridián, az ekliptikára merőlegesen álló legnagyobb kör.

Hosszúsági libegés, l. libegés.

Hőoszlop, l. elektromos hőoszlop.

Hőspektrum, a. m. a színképnek a vörösön innen való része.

Hullócsillag, apró, a levegőben teljesen elégt tűzgömb.

Hullócsillagraj, a Nap körül keringő, együvé tartozó hullócsillagok összessége.

Hunter's moon, l. őszi holdtölte.

Hurok, a bolygó földkörüli látzó pályájának azon része, melyet hátráló mozgása idejében ír le.

Husvétii holdtölte, a husvét vasárnapját meghatározó ciklikus számításal kapott holdtölte.

## I

Idő, l. csillagidő, középido, valódi idő, egységes idő.

Időegyenlítés, a közép- és valódi idő különbsége.

Időjelző (timeball), a pontos idő látható jelzésére szolgáló készülék.

Időszakos üstökös, a. m. szabályos időközökben visszatérő üstökös.

Ikeresillag, két egymás mellett igen közel látszó csillag, mely vagy véletlenül egymás mellé vetül, vagy pedig fizikailag összetartozik.

Inga-akasz, échappement, az óra-inga mozgását fentartó szerkezet.

Ingafelmérés, a Föld alakjának meghatározása ingával.

Interplanetaris anyag, l. bolygóközi anyag.

Irányozni, beirányozni, a távcsőnek oly beállítás, hogy az égi test képe a fonalkereszt középpontjára essék.

Iránypont, l. czélpont.

Isorachiák (cotidal lines), egyenidejű dagály görbéi, azon helyek összessége, melyekben egyidőben van dagály.

## J

Járás, az óra állásváltozása egy középnap alatt.

Javító lencse, a közönséges távcsövet fotografiai felvételekre átalakító lencse.

## K

Kamara, a fotografiai lemez tartója.

Kannelált, l. barázdált szinkép.

Katalógus, l. csillagjegyzék.

Katoptrikus távcső, l. reflektor.

Kedvező alakú háromszög, oly háromszög, melynek oldalai közel egyenlő hosszúak.

Kéneső inga, l. kiegyenlítés.

Képelesség, a távcső képrészlelő hatása.

Keringés (revolutio) a bolygónak a Nap, a Holdnak a főbolygó, a kettős csillagoknak egymás körül való mozgása.

Kettős csillag, fizikailag kapcsolt és egymás körül keringő ikeresillag.

Kiegyenlítés, az inga mentesítése hőmérsékleti változásokkal szemben.

Kialakulás, evolutio, kozmogónia, a bolygó- v. csillagrendszer, vagy egyes testeinek természeti törvények szerint való fejlődése.

Kiegészítő színek, azok a színek, melyek együttesen fehérnek látszanak.

Kifejlődés, l. kialakulás.

Kikötő-idő (establishment), a holddeleléstől a dagály beálltáig eltelő idő.

Kilengés, l. kitérés.

- Kinetikai gázelmélet, az az elmélet, mely a gázok összes tulajdonságait azon feltevésével magyarázza, hogy legkisebb részecskéik egymástól függetlenül mindenirányú haladó mozgásban vannak.
- Kisérő csillag, az ikercsillagok fénytelenebb tagja.
- Kisugárzási pont, radiatio-pont, az égnek azon pontja, melyből a hullócsillagok kiindulni látszanak.
- Kitérés, elongatio, a bolygók, különösen a belső bolygók szög-távolsága a Naptól. Más értelemben az inga kihajlása egyensúlyi helyzetéből.
- Kollimator, a spektroszkóp fényfogyó csöve.
- Kolurok, a napéjegylenlőségi és napfordulati pontokon átmenő órákörök.
- Kompász, a hajós irányjelző mágnesűje.
- Kompenzáció, l. kiegyenlítés.
- Kompenzált billegő, hőmérsékleti változások ellen mentesített chronométer-inga.
- Koordináták, a helymeghatározó két adat (pl. egyenes emelkedés és elhajlás) összefoglaló neve.
- Koordinátarendszer, a gömbi körök azon rendszere, melyre az égi testek helyét vonatkoztatjuk.
- Korona, a Nap legkülsőbb gyöngyfényű, szabálytalan alakú környezete.
- Kospont, ariespont, a. m. tavaszpont.
- Kozmogónia, a világrendszer kialakulásának tana, l. kialakulás.
- Ködelmélet, v. Kant-Laplace-féle elmélet, a bolygórendszer kialakulását magyarázza eredeti ködfoltból.
- Ködfolt, nebula, gázállományú ritkás világtestek.
- Köd-örvény, a ködfoltokon látható örvénylő mozgásra valló alakzatok.
- Könyöktávcső, tört távcső, melyben a sark tengely alkotja a csövet.
- Közép dél, a közép (képzelt) Nap középpontjának delelése.
- Középhely, az állócsillagok helyzete, ha az aberratio és nutatio hatását tekinteten kívül hagyóknak.
- Középidő, a (képzelt) közép Nap és kerek óráink által meghatározott egyenletes idő.
- Közép Nap, a polgári időmérést szabályozó (képzelt) égi test.
- Közép nap, az évközi (változó hosszúságú) napórai napoknak állandó középértéke; időegységünk.
- Középóra, — percz — mperez a közép Nap 24-ed, 1440-ed, 86,400-ad része.
- Középpontfutó erő, a Föld tengelyforgása következtében jelenkező, a vonzást kisebbitő erő.
- Középponti fogyatkozás, azon sötétülés, midőn a Nap, a Hold és a Föld pontosan egy egyenesben van.
- Középtávolság, elliptikus bolygó pályában, a. m. a Naptól való összes lehetséges távolságok középértéke; a. m. a fél nagy tengely.
- Központi Nap, azon hypothetikus állócsillag, mely körül a Napunk kering.
- Kráter, a holdhegyek tipusos alakja.

Kritikus sebesség-gel elhajtott test elhagyhatja a bolygó vonzási körét.

Kupola, a távesőnek kinyitható és forgatható védőteteteje.

Kúpszeletek, a kör, ellipszis, parabola és hiperbola összefoglaló neve.

Kurzus, hajójárat, útvonal.

Külpontosság, excentricitás, a kúpmetszetekben (pályákban) a gyújtópont és középpont távolsága, a fél nagy tengely egységeiben mérve.

Külső vagy nagy bolygók, a Mars pályáján túl levő bolygók.

## L

Lapultság, a Föld, vagy bolygók egyenlítői és sarki átmérőjének különbsége az egyenlítői átmérő egységeiben mérve.

Látómező, az ég azon része, mely a távcsővel egyszerre áttekinthető.

Látószög, a valamely tárgy két szélső pontjáról szemünkbe jövő fénysugarak által bezárt szög.

Látó vonal (radius visionis), az égi testet a megfigyelő szemével összekötő egyenes vonal.

Látszó átmérő, vagy látszó sugár, l. látószög.

Látszó hely, az állócsillagnak ténylegesen megfigyelhető helyzete.

Léggörri vonalak, az égi testek színeképében azon vonalak, melyek saját légkörünk fénynyelése következtében keletkeznek.

Lengési középpont, segédfogalom, melylyel az összetett inga moz-

gása eszményi egyszerű ingáéra visszavezethető.

Leonidák, az Oroszlán csillagképéből nov. 13-án kisugárzó hullócsillagok neve.

Leszálló csomó, a Hold- vagy bolygópálya leszálló ágának metszése az ekliptikával.

Libegés, libratio, a bolygók és a Hold korongjának látszó, ingaszerű fordulása, melynek következtében minden oldalon félgömbjénél valamivel többet láthatunk belőle.

Libella, l. szintező.

Libratio, l. libegés.

Lunatio, l. holdváltozás.

## M

Mag, nucleus, apró félárnyék nélküli napfolt, továbbá az üstökös fejének csillagfényű alkatrésze, ködfoltnak központi sűrűsödése.

Magasság, valamely égi test (szögben kifejezett) emelkedése a horizon fölé.

Magasságot venni, valamely égi test magasságmérése hajón.

Magnitudo, l. rend.

Mascaret, l. torlódó ár.

Másodlagos színekép, a szintelenítő távcső képeit szegélyező színes sávoly.

Megállapodás (stationálás), a bolygók látszó mozgásában azon pillanatot, melyben az előretartó és a hátráló mozgás felváltja egymást.

Megfordító réteg, a Napnak egy igen vékony gázburkolata, melyben a Fraunhofer-féle vonalak alakulnak.

Mellékbolygó, a. m. hold, kísérő.

Meridián, l. délkör, délvonal.  
 Meridiánfotométer, csillagászati  
 műszer a delelő csillagok fé-  
 nyességének meghatározására,  
 l. fotométer.  
 Meridiánkör, l. délkör.  
 Messzelátó, a. m. távcső.  
 Meteorfelhő, a. m. hullócsillagraj.  
 Meteorit (aerolit), oly tüzgömb,  
 mely elhamvadása előtt föl-  
 det ér.  
 Meteorkő, ásványi alkotású me-  
 teorit; l. ezt.  
 Meteorvas, vastartalmú meteorit,  
 l. ezt.  
 Mikrométer, igen kis szögek mé-  
 réseire szolgáló segédműszer.  
 Mozgási törvények, Newton három  
 sarkigazsága a mozgások le-  
 írására.  
 Mozgás változása, a. m. mozgó  
 test sebességének nagyság v.  
 irány szerint való változása.

## N

Nadir (talppont), a függőleges  
 vonalnak lábunk alatt való  
 metszése az égbolttal.  
 Nadirbeállítás, a délkörműszer  
 nullapontjának meghatározá-  
 sára szolgáló megfigyelés.  
 Nadir-hullám, a Holdtól elfor-  
 dított tengerrész dagálya.  
 Nagyítás, a távcső közelítő ha-  
 tásának mértéke.  
 Nagyító, okulár, a csillagászati  
 távcsőnek szemlencséje.  
 Nagyság, l. rend.  
 Nagyságrend, l. rend.  
 Napállandó (solaris állandó), a  
 Nap Földre sugárzott hőjének  
 mértéke.  
 Napéjgyenlőség, l. tavasz- és  
 őszpont.

Napforduló, a nyár és tél kezdetét  
 jellemző napállás, melyben a  
 Nap az egyenlítőtől leginkább  
 északra, illetőleg leginkább  
 délre van.

Napi libegés, l. libegés.

Napközeli, perihélium, a bolygó-  
 pályának a Naphoz legközelebb  
 eső pontja.

Napóra, készülék a valódi idő  
 meghatározására.

Napórai nap (valódi), solaris nap,  
 a Napnak két felső delelése  
 között eltelt idő; a közép-  
 naptári nap ugyanígy a képzelt  
 Napra vonatkozik.

Nappali ív, az égi test parallel kö-  
 rének a horizon fölé eső része;  
 ennek fele, a félnapi ív, a hori-  
 zon és meridián között terjed.

Nappálya, l. ekliptika.

Naprendszer, a Napot állandóan  
 körülkeringő égi testek összes-  
 sége.

Naptári, tropikus év azon idő,  
 mely alatt a Föld a tavasz-  
 pontból kiindulva, oda ismét  
 visszatér.

Naptávoli, aphelium, a bolygó-  
 pályának a Naptól legtávolabb  
 eső pontja.

Nebuláris örvény, l. ködörvény.  
 Negatív (Huygens-féle) okulár, a  
 nagyító egyik neme.

Negyedfény, negyedállás, quadra-  
 tura, a bolygók, vagy a Hold  
 azon helyzete, midőn a Naptól  
 90<sup>o</sup>-ra keletre, vagy nyugotra  
 állanak; l. holdnegyed.

Nehézség, a testeknek a légüres  
 térben való esését előidéző erő.

Nehézségi felmérés, l. inga-fel-  
 mérés.

Normális szinkép, fényrács által  
 létesített szinkép.

Nova, l. új csillag.  
 Nucleus, l. mag.  
 Nutatio, a földtengely apró ingadozásai a Hold vonzása következtében.  
 Nyári napforduló, l. napforduló.  
 Nyújtott sphaeroid, a gömbtől kevésbé eltérő földalak a tengerjárás behatása miatt.

## O

Oázis, apró kerek foltok a Mars felszínén.  
 Objektív (lencse), l. tárgylencse.  
 Objektívhasáb, a tárgylencse előtt alkalmazott szinképelemző hasáb.  
 Observatórium, a. m. csillagvizsgáló intézet.  
 Oclusio, l. gázbezárkózás.  
 Occultatio, l. födés.  
 Okulár (lencse), l. nagyító.  
 Oppositio, l. szembenállás.  
 Optikai kettős csillag, tényleg egymás mögött álló, de az ég-gömbön egymás mellé vetülő csillagpár.  
 Optikai tengely, a tárgylencse és nagyító középpontjait összekötő egyenes.  
 Optikai üveg, a távcső lencséinek hibátlan anyaga.  
 Óraker, l. délker; egyszersmind az aequatoreal egyik beállító és leolvasó köre.  
 Óramű, a távcsövet a csillagok napi sebességével mozgató hajtószerkezet.

## Ö

Örség, a hajón divó napbeosztás szerint 4 órai időköz.  
 Összehúzódás (contractio), a Nap

testének lassú zsugorodása, sugárzó hőjének forrása és fentartója.

Őszi holdtöltek (harvest moon, hunter's moon) két egymásra következő holdkelte időköze lehetőleg rövid.

Őszpont, őszi aequinoctium, v. napéjegyenlőség, az egyenlítő és ekliptika leszálló ágának metszési pontja. Ha a Nap őszi kezdetén e pontban van, a nappal és éjjel az egész Földön egyenlő tartamú.

## P

Pályaelemek, l. elemek.  
 Parabolás sebesség, üstökös sebessége a Föld távolságában, a. m. 42 km. mperezenkint.  
 Parallaktikus ellipszis, az állócsillagok által egy év lefolyása alatt leirt látszó pálya, mely a földkeringésnek tükörképe; l. látszó hely.  
 Parallaktikus felállítású távcső, a. m. aequatoreal.  
 Parallaktikus libegés, l. libegés.  
 Parallaxis (évi) azon szög, mely alatt valamely, az ekliptika felett levő állócsillagról a földpálya sugarát (Nap-Föld távolságát) látnók.  
 Parallaxis (napi) azon szög, mely alatt valamely bolygóról, vagy a Napról a Föld egyenlítői sugara látszik; ha az égi testet a világtengelyben képzeljük, akkor horizontális egyenlítői parallaxisról szólnak.  
 Parallelker, az egyenlítővel páronalás kisebb kör.  
 Partialis fogyatkozás, l. részleges fogyatkozás.

Passage-műszer, l. átmeneti műszer, délkör.

Penumbra, l. félárnyék.

Periastron, l. csillagközel.

Perigaeum, a. m. a Hold földközelsége.

Perihélium, l. napközel.

Periodikus üstökös, l. időszakos üstökös.

Periodus, általában a. m. ismétlődő jelenségesoport két egymű fázisának időköze; kerिंगési idő, napfolt-gyakoriság, változó csillag változástartama.

Perseidák, a hasonlónevű csillagképből aug. 10-én kisugárzó hullócsillagok.

Perturbatio, l. háborgás.

Phosphorus, a Vénusnak mint hajnalcsillagnak neve.

Pislogás, scintillatio, a csillag fényének gyors, meteorológiai körülményektől függő ingadozása.

Planéta, l. bolygó.

Planetoidok, l. apró bolygók.

Pókhálósál, fonálkereszt, a távcső gyújtósikjában lévő jel az égi csillag képeinek pontos beirányítására.

Polgári nap, az éjfélről kétszer 12 óráig számított középnap.

Porroca, l. torlódó ár.

Pozitiv (Ramsden-féle) okulár, a nagyító egyik neme.

Praecessio, az állócsillagok látszó közös előrenyomulása keletfelé az ekliptika mentén; a napéjegyenlőségi pontok hátrálását is jelenti.

Praeciziós műszer, a. m. pontosság dolgában a legnagyobb kívánalmaknak is megfelelő műszer.

Prizma, l. hasáb.

Prizmás szinkép, l. hasábszinkép.

Protuberantia, a Nap szélén kitörő, jobbra hidrogénből álló lángnyelvek.

Pyrheliométer, a Nap sugárzó hőjének lemérésére való műszer.

## Q

Quadrans, a. m. körnegyed; régibb csillagászati műszer.

Quadratura, l. negyed állás, holdnegyed.

## R

Rács, l. fényrács.

Radián, az egység sugarú körnek azon íve, melynek hossza a sugárral (egygyel) egyenlő.

Radiáns, l. kisugárzási pont.

Radiatio pont, l. kisugárzási pont.

Radius vector, l. vezérsugar.

Rastern, l. torlódó ár.

Rectascensio, l. egyenes emelkedés.

Reductio, a. m. a megfigyelés útján kapott számadatok átszámolása.

Reflektor, a. m. tükrös objektívű távcső.

Refractio, l. sugártörés.

Refraktor, a. m. lencsés objektívű távcső.

Rend, csillagrend, magnitudo, nagyság, fokozatok a csillagoknak fényességük szerint való osztályozásában.

Repedés, l. rianás.

Rés azon keskeny nyílás, melyen át a fény a spektroszkópba jut.

Részleges fogyatkozás, a holdvagy napkorong csak egy részének elsötétülése.

Retrograd mozgás, l. hátráló m.  
 Rianás, rill, hosszannyújtott árkok  
 a Hold felszínén.  
 Rostélyinga, l. kiegyenlítés.

## S

Sark (ég sarka), a világtengely  
 végpontja az égen; az északi  
 sark közelében van a fényes  
 Sarkcsillag.  
 Sarkfoltok, Mars forgási sarkjait  
 borító fehér térségek.  
 Sarki fény, összefoglaló neve az  
 északi és déli fénynek.  
 Sarktávolság, az égi testnek az  
 északi sarktól mért szögtávolsága.  
 Sarktengely, a. m. világtengely  
 (l. ezt); egyszersmind az  
 aequatoréal egyik forgási ten-  
 gelye.  
 Saros, időszak, mely után a fo-  
 gyatkozások rendben ismét-  
 lődnek.  
 Satelles, a. m. Hold.  
 Sávoly, a színekben széles, egy-  
 oldalúan elmosódott vonal.  
 Sávoly, szalagszerű folt a boly-  
 gók felszínén.  
 Scintillatio, l. pislogás.  
 Sextáns (körhatód), szabad kéz-  
 ből használható csillagászati  
 műszer legnagyobb körívek  
 mérésére.  
 Solaris nap, l. napórai nap.  
 Solstitium, l. napforduló.  
 Spektrálanalýsis, l. színekép-  
 elemzés.  
 Spektrobolométer, a. m. spek-  
 troszkóp és bolométer egye-  
 sítése.  
 Spektroheliográf, készülék a Nap  
 környezetének fogyatkozáson  
 kívül való fotografozására.

Spektroszkóp, a. m. fényelemző  
 műszer.  
 Spektroszkópi kettőscsillag, a. m.  
 csupán színeképi elemzés útján  
 felfedezett és felismerhető fizi-  
 kailag összetartozó kettős  
 csillag.  
 Spektrum, l. színekép.  
 Sphaera, a. m. gömb. A csilla-  
 gászatban a. m. az ég- vagy  
 földgömb képzelt köreivel.  
 Sphaera obliqua, dűlt tengelyű  
 gömb, az ég állása közepes  
 szélességek alatt.  
 Sphaera parallela, álló tengelyű  
 gömb, az ég állása a sarkok-  
 ról tekintve.  
 Sphaera perpendicularia, fekvő  
 tengelyű gömb, az ég állása  
 az egyenlítőről nézve.  
 Sphaeroid oly felület, mely ellip-  
 szisnek kisebb tengelye körül  
 való forgásából keletkezik; a  
 Föld a gömbtől nagyon ke-  
 véssé eltérő sphaeroid.  
 Star-gauges, elfogadott mükifeje-  
 zés, a. m. csillagszámlálás, a  
 távcső látómezejében levő csil-  
 lagok számának megolvasása.  
 Stationálás, l. megállapodás.  
 Sugártörés, refractio, a fénysugár  
 eltérítése a légkör hatása  
 folytán.  
 Súlyakasz, l. ingaakasz.  
 Súly, azon erő, melynek követ-  
 keztében a testek valamely  
 közegben — rendszeren levegő-  
 ben — esnek.  
 Sűrűség, helyesebben középsűrű-  
 ség, az anyageloszlás mértéke,  
 a térfogat-egységben foglalt  
 anyag tömege.  
 Synodikus hó, a Hold két egyenlő  
 fényváltozása közt eltelő idő;  
 l. holdváltozás.

Synodikus keringés, azon idő, melynek múltán valamely bolygó, vagy a Hold a Naphoz képest ugyanazon állást foglalja el.

Szygium, az újhold és a holdtölte összefoglaló neve.

## Sz

Szaggatott színekép, fényes, vagy sötét vonalakkal áttört színszalag.

Szálkereszt, l. pókhálószal.

Százados változások, *variatio saecularis*, a bolygópályák alakjának és fekvésének rendkívül lassú megváltozásai. A csillagos égnek lassú alakváltozása is.

Szélesség (égi), valamely égi testnek az ekliptikától való távolsága.

Szélesség (földrajzi), valamely helynek távolsága a földi egyenlítőtől, helyesebben a függő hajlása az egyenlítő síkjához.

Szélesség (geocentrikus), a földfelületi helyhez húzott vezérsugár hajlása az egyenlítőhöz.

Szélességi kör, az ekliptikával párvonalos kisebb kör.

Szélességi libegés, l. libegés.

Szélességi változások, a földtengegy igen kicsiny periodikus ingadozásai

Szembenállás, *oppositio*, két égi testnek  $180^\circ$ -kal különböző óra- vagy hosszúsági körben tartózkodása; a szembenállás e szerint egyenlítői, vagy ekliptikai.

Szemcsés szerkezet, a fotoszféra pettyes felszínét jellemzi.

Személyi hiba, a. m. jelenségek

felfogásában elkövetett állandó jellegű tévedések.

Személyi hibamérő, a személyi hiba meghatározására való műszer.

Szemhatár (látóhatár, ég alja, látszó horizon), a Föld és az ég látható érintkezési vonala (mindig a horizon alatt van); l. horizon.

Szemhatár süppedése, a. m. ég-föld határvonalának mélysége a horizon alatt.

Szerelés, a csillagászati táveső mechanikai részei és felállítása.

Sziderikus év, l. csillagév.

Sziderikus hó, a Hold teljes keringésének ideje a Föld körül.

Sziderikus keringés, azon idő, mely alatt valamely bolygó a Nap körül pontosan teljes kört ír le.

Színekép, spektrum, a fehér fény színes alkotó részeinek térbeli egymásutánja.

Színképelemzés, az elbontott fény vizsgálati módszerei.

Színlő, sziklás parton a tenger szintjét jelző bevájt vonal.

Színszórás, *dispersio*, a hasáb és a lencse színes alkotórészeire bontja a fehér fényt.

Szintelenítő (achromatikus) lencse, lencseszerkezet, mely a fehér fényt színszórás nélkül töri.

Szintező, libella, készülék valamely vonal, vagy tengely vízszintes beállítására.

Szökő ár (Springtide, Springflut) újhold és holdtöltekor beálló dagály.

Szürkület, összefoglaló neve a hajnalnak és alkonyatnak.

## T

Tárgylencse, objektív, a csillagászati távcsőnek a tárgy felé néző lencséje.

Tavaszpont, tavaszi napéjgyenlőség, aequinoctium, az egyenlítő és ekliptika felszálló ágának metszéspontja. Ha a Nap tavasz kezdetén e pontban áll, az éjjel és a nappal az egész Földön egyenlő tartamú.

Távolság egysége, a csillagászatban a Nap és Föld közepes távolsága.

Telespektroszkóp, a spektroszkóp és távcső egyesítése.

Teleszkóp, a. m. távcső.

Teleszkópi csillag, csak távcsővel látható csillag.

Téli napforduló, l. napforduló.

Teljes fogyatkozás, a hold- vagy naptányér egész elsötétülése.

Tellurikus vonalak, l. légköri vonalak.

Temporaer csillag, l. új csillag.

Tengely, az ellipszis legnagyobb és legkisebb átmérője.

Tengelyforgás, rotatio, az égi testeknek egy átmérőjük körül való egyenletes mozgása.

Tengelyhajlás, a bolygó forgási tengelyének és pályasíkjának szöge.

Tenger, sötét lapályos térségek a Holdon, viz-takaró nélkül.

Tengeri mérföld, a délkör egy közepes percze = 1852 m.

Tengerjárás (tide), az apály és dagály összefoglaló neve.

Téritők, trópus, trópusok parallela, az ekliptikát érintő két parallelkör.

Terminator, l. fényhatár.

Térszíni (topografiai) felmérés, a

Föld kisebb területeinek alak- és nagyságmeghatározása.

Tetőkör, l. függőleges kör.

Tipus a csillagászatban, a. m. az állócsillagok színképének egyes osztálya.

Tompító üveg, a Nap megfigyelésénél használt sötét színes üvegek.

Torlódó ár (tidal bore), mascaret, pororoca, Rastern, a dagály behatolása folyamtorkolatba.

Többszörös csillagok, a. m. több, igen közel álló csillag rendszere.

Tömeg, a. m. a testek anyagmennyisége.

Tömeg-középpont, a. m. testekből álló rendszer súlypontja.

Tömegvonzás (gravitatio), neve ama mozgó oknak, melylyel anyag az anyagra tömegénél fogva hat.

Tört távcső, derékszög alatt hajlott csövű messzelátó.

Trabans, a. m. hold.

Triangulatio, l. háromszögelés.

Trópusos év, l. naptári év.

Trópusos szélességek, a téritőkön belül fekvő földöv.

Trópus, trópusok parallela, l. téritő.

Tükörfém, a régiebb reflektorok tükrének ötvénye.

Tűzgömb, meteor, parányi égi test, mely a légkörön át esésében láthatóvá válik.

## U

Udvar, l. félárnyék.

Új csillag, nova, temporaer csillag, hirtelen felvillanó, rövid életű állócsillag.

Umbra, l. árnyék.

## Ü

- Üstök, az üstökös fejét körülvevő fényes köd-anyag.  
 Üstökös-családok, valamely bolygó vonzaskörében tartott üstökösök összessége.  
 Üstökös-csoportok, közös pályán haladó üstökösök összessége.

## V

- Vájt tükör, a. m. homorú tükör.  
 Vak-ár (neaptide, nippfluth), a holdnegyedekkor bekövetkező dagály.  
 Valódi dél, a Nap középpontjának delelése.  
 Valódi idő, a Nap (és napórák) szolgáltatta nem egyenletesen haladó idő.  
 Változó, variabilis csillag, a. m. fényerősségét változtató égi test.  
 Variabilis csillag, l. változó csillag.  
 Variatio saecularis, l. százados változások.  
 Vénus-átvonulás, l. átvonulás.  
 Vertikális kör, l. függőleges kör.  
 Vetítés, eljárás a Nap kényelmes megfigyelésére.  
 Vezérsugár, radius vector, a bolygó és Nap középpontját összekötő egyenes.  
 Vezérvonal, directrix, a parabola egyik fontos segédvonala.

- Világrendszer, l. csillagrendszer.  
 Világtengely azon egyenes, mely körül az éggömb naponkint forog, különben a földtengely folytatása az égi.  
 Visuális megfigyelés, a. m. szemmel való észlelés.  
 Visszafénylés, Gegenschein, rendkívül gyenge fény az égboltnak a Nappal szemben lévő részén.  
 Vörös folt, elliptikus nagy térség Jupiter déli féltekéjén.

## Z

- Zenit (tetőpont), a függőleges vonalnak fejtünk fölött való metszése az égbolttal.  
 Zenithullám, a Hold felé fordított tengerrész dagálya.  
 Zenittávcső, csillagászati műszer a zenithez közel delelő csillagok megfigyelésére.  
 Zenittávolság, valamely égi testnek szögtávolsága a zenittől.  
 Zodiakus, l. állatöv.  
 Zónaidő, l. egységes idő.  
 Zónatörvény, a napfoltok gyakoriságának változásában jellemző szabályszerűség.  
 Zöllner-féle fotométer, csillagászati műszer, melylyel az égi testek fényét mesterséges fényforrásával hasonlítjuk össze.

# BETŰRENDES NÉVJEGYZÉK ÉS TÁRGYMUTATÓ.

## I. Névjegyzék.

- Abbe, E., jeni csillagv. igazg., 212.  
Adams, J. C. (1819—92), angol cs.,  
404  
Agathoklesz (K. e. 320), 316.  
Albategnius, 270.  
Albrecht, 97.  
d'Alembert, I. B (1717—83), francz.  
math., 270.  
Alexander, S. (1806—83), amer. csill.,  
323.  
Al-Mamun (Kr. e. 810), 78.  
Anaximander (K. e. 580), 17, 74.  
Archimedesz (K. e. 250), 270.  
Argelander, F. W. A. (1799—875),  
német cs., 461, 470.  
Arisztarchosz (K. e. 270), 270.  
Arisztotelesz (K. e. 350), 78.  
d'Arlandes, F. L. marquis, 316.  
d'Arrest, H. L. (1822—75), 436.  
Auwers, A. 465, 468.  
Bache, A. D. (1806—67), amer. cs.,  
484.  
Baeyer, 79.  
Bailey, S. I. amer., 60, 467, 486.  
Ball (Sir Robert), cambridgei csill.,  
61, 479.  
Barnard, E. E. chicagói egy. tan.,  
10, 13, 335, 336, 375, 383, 390,  
428, 442, 445, 448, 499, 501.  
Baross Gábor, 129.  
Becker, 465.  
Beda (K. u. 700), 75.  
Beer, W. (1797—1850), 387.  
Bessel, F. W. (1784—1846), 476, 496.  
Biela, W. 439,  
Bielopolsky, A. (Pulkowa), 498.  
Bigelow, F. H. amer. cs., 327.  
Bigourdan, G., 494.  
Bischoffsheim, R., 216.  
Blanpain, M. (1779—1843), 436.  
Bode, J. E. (1747—1826), ném. csill.,  
363.  
Boeddiker, 267.  
Bond, G. P. (1825—65).  
Bond, W. C. (1789—1859), 402, 494,  
507.  
Boss, L. (Dudley-obsz.), 465, 469  
Boyden, U. A. (1804—79) am. mér-  
nök, 204, 484  
Bradley, J. (1693—1762), 170.  
Brashear, J. A., 203, 217, 220, 298,  
307.  
Bredichin, T. orosz cs., 430.  
Brenner, L. 463.  
Brooks, W. R. (Genf), 428.  
Brorsen, T. (1819—1893), 383, 428.  
Bruce, C. W., 466.  
Burnham, S. W. (Chicago), 494, 495.  
Caesar (Julius), 172.  
Campbell, W. W. (Lick-obsz.), 473,  
506  
Cassegrain, 218, 219.  
Cassini, G. D., 378, 389, 402.  
Chandler, S. C., az Astr. Journ.  
szerk. 97, 486.  
Charlois, A. (Nizza) 395.  
Christie, W. H. M. 471.  
Clark Alvan (1804—87).  
Clark, A. G. (1832—37).  
Clark, G. B. (1827—91), 11, 203,  
216, 217, 495.  
Clarke, J. F. (1816—1888), am. theol.,  
60.  
Clavius, C. (1537—1612), 270.

- Clerke, miss, 481.  
 Coggia, G. (Marseille) 441.  
 Common, A. A., 219, 399.  
 Comstock, G. C., 266, 494.  
 Copernicus (1473—1543), 342, 427.  
 Cornu, A., 148, 305  
 Cosmas (K. u. 550), egyiptomi  
 geograf., 74.  
 Crew, H., 296.  
 Daguerre L. J. M. (1789—1851),  
 francia festő, 237.  
 Darwin, G. H., 369, 562.  
 Delaunay, 242.  
 Dembovszki, L. (1815—85), német  
 cs., 494.  
 Deslandres, H., párisi cs., 220, 308,  
 328, 485.  
 Denning, W. F., 398.  
 Doerfel, G. S., (1643—88), 270.  
 Dollond, J (1706—61), 212.  
 Donati, G. B. (1826—73), olasz cs.,  
 15, 428.  
 Doolittle, C. L., a pennsylvaniai  
 obsz. igazg., 86, 97.  
 Doppler, C. (1803—53), 304, 472.  
 Douglass, A. E. amer. cs., 377, 383.  
 Draper asszony, 484.  
 Draper Henrik (1837—82), amer.  
 cs., 220, 440, 506.  
 Dreyer, J. L. E., 503.  
 Dunér, N. C. (Upsala), 296.  
 Eastman, J. R. amer. tengerész,  
 232.  
 Easton, C. hollandi cs., 501.  
 Edgecomb, W. C., amer. optikus,  
 220.  
 Elkin, W. L. (Yale-obsz.), 396, 449,  
 477.  
 Ellery, R. L. J. (Melbourne), 224.  
 Encke, J. F. (1791—1865), 439.  
 Eötvös Lóránd b., 90.  
 Eratoszthenész, (K. e. 740), 78.  
 Ericson, J. (1803—1889), svéd, 312.  
 Eudoxosz, 56.  
 Euklidesz, 39.  
 Everett, miss., 494.  
 Fargis, J. A. amer. tanár 233.  
 Faye, H. A., 436.  
 Fényi Gyula, 309.  
 Fernel, J. (1497—1558), 79.  
 Finlay, W. H., 436.  
 Flammarion, C., 189.  
 Flamsteed, J., 270.  
 Fleming asszony, 484, 489.  
 Foucault, J. B. L. (1819—68), fran-  
 czia fizikus, 100.  
 Fraacastor, J. (1483—1553), 270.  
 Fraunhofer, J. (1787—1826), német  
 fizikus, 203, 297.  
 Fregola, 97.  
 Fritsch, 219.  
 Frost, E. B., 313.  
 Gale, W. F., ausztráliai cs., 445, 504.  
 Galilei, G. (1564—1642), olasz csill.,  
 202, 208, 348, 375, 404.  
 Galle, 396.  
 Gassendi, P. (1592—1655), 270.  
 Gergely (XIII), pápa, 172.  
 Gill, Dávid, 398, 465, 477, 503.  
 Glasenapp, S. P., orosz cs., 494.  
 Gothard Jenő (Herény), 399, 503,  
 504.  
 Gould, B. A. (1824—1896), amer.  
 cs., 462, 494.  
 Graham, T., 458.  
 Gregory, J. (1638—75), skót mathe-  
 matikus, 218, 480.  
 Groombridge, S. (1755—1832), 479.  
 Grubb, (sir Howard), 202.  
 Grubb, Tamás, 219.  
 Hadley, J. (1682—1744), ang. math.,  
 191.  
 Hale, G. E. (Chicago), 295, 307,  
 308, 309.  
 Hall, A., 374, 419, 494.  
 Hall, C. M. (1703—71), ang. cs., 212.  
 Halley, E. (1656—1722), 490.  
 Hamilton, sir W. R. (1805—65), ang.  
 math., 1.  
 Hansen, P. A. (1795—1874), ném.  
 cs., 156, 242.  
 Harkness, W., amer. cs., 330.  
 Hastings, C. S., Yale-egyet. tan.,  
 203, 212.  
 Helmert, 97.  
 Helmholtz, H. L. F. (1821—94),  
 314, 511.  
 Henderson, A., angol cs., 399.  
 Henry, A. J., 5, 13, 216, 444.  
 Henry testvérek, 271.  
 Herodotosz, (K. e. 460), 74.  
 Herschel, Karolina (1750—1848), 427,  
 270, 295.  
 Herschel, sir John (1738—1822),  
 364, 470.  
 Herschel, sir J. F. W. (1792—1871),  
 angol csill., 219, 378, 379, 389,  
 403, 494, 502.  
 Hevelius, (1611—87), német csill.,  
 Heyde, 225.  
 Higgs, G., angol fiz., 302.  
 Hill, G. W., 242.  
 Hipparchosz, (K. e. 140), 62, 133,  
 341, 465, 489.

- Holden, E. S., amer. cs., 507.  
 Holmes, E., angol cs., 436.  
 Horrox, J. (1617—41), 373.  
 Hough, G. W., 204, 231, 399.  
 Huggins, sir William, 473, 481, 505.  
 Huygens, C. (1629—95), holl. csill.,  
 202, 222, 378, 387, 401.  
 Janssen, P. J. C., francz. csill., 289.  
 Jeroboam, (II.), 2.  
 Jewell, L. E., amer. fiz., 296, 302.  
 Kant Immanuel (1724—1804), ném.  
 filoz., 6. 511.  
 Kapteyn, J. C. (Gröningen), 466, 481,  
 503.  
 Keeler, J. E. (Lick-obsz.), 397, 402,  
 473, 506, 507, 508  
 Kelvin, lord, 511.  
 Kempf, 461.  
 Kepler, J. (1571—1630), német cs.,  
 145, 356, 411, 488.  
 Kimball, A. L., VII.  
 Kirchhoff, G. R. (1824—87), német  
 fiz., 203.  
 Klein, H. J., 61, 62.  
 Kleomedesz (K. u. 150), 78  
 Kobold, 470.  
 Konkoly Thege Miklós, 399.  
 Kostersitz, 449.  
 Kövesligethy R., 470 és számos  
 jegyzet.  
 Lagrange, J. L. (1736—1813), francz.  
 math., 144, 360.  
 Langley, S. P., 267, 304, 305, 312,  
 380.  
 Lassell, W. (1799—1880), ang. cs.,  
 219, 379.  
 Lane, J. H. (1819—80), amer. fiz.,  
 511.  
 Laplace, P. S. (1749—1827), 360,  
 511.  
 Leavenworth, F. P., amer. tanár,  
 494.  
 Leibnitz, G. W. (1646—1716), 270,  
 273.  
 Le Maire, 218.  
 Leverrier, U. J. J. (1811—77), francz.  
 cs., 156, 404.  
 Lexell, W. (1740—84), 436.  
 Lindsay, lord, skót csill., 327.  
 Lockyer, sir, angol cs., 485, 493.  
 Loewy, M., a párisi obsz. igazg., 235.  
 Lohse, 399.  
 Lovell, J. L., 119, 434.  
 Lowell, P., amer. csill., 384, 386,  
 387, 391, 392, 393, 394.  
 Mädler, 387, 462, 470.  
 Magellan, 75.  
 Mantois, M., 10.  
 Martin, M. A., 217, 220.  
 Mascari, A. (Catania), 385.  
 Maskelyne, N. (1732—1881), 270.  
 Maunder, E. W., 473, 480, 501.  
 Maury, miss, 484.  
 Maxwell, 403.  
 Mayer, Tóbiás, 242.  
 Messier, C. (1730—1817), 427.  
 Michelson, A. A. (Chicago), 148.  
 Montaigne, M. (1716—85), 439.  
 Moreux, T., francz. csill., 6.  
 Mouchot, A., 312.  
 Müller (Potsdam), 348, 461.  
 Nero, 426.  
 Newcomb, S., amer. csill., 148, 175,  
 242, 396, 465.  
 Newton, sir Isaac (1643—1727), 79,  
 203, 209, 210, 359, 404, 410, 415,  
 418, 422, 427, 448.  
 Olbers, H. W. M. (1758—1840), 396.  
 Palisa, J., 395.  
 Parkhurst, 348.  
 Paul, H. M., amer. tanár, 491.  
 Payne, W. W. (Carleton), 487.  
 Peirce, C. S., amer. mérnök, 89.  
 Picard, J. (1620—1682), franczia  
 mérnök, 79, 202.  
 Perrotin, J. (Nizza), 392.  
 Peters, C. H. F. (1813—90), amer.  
 cs., 395.  
 Piazzzi, G. (1746—1826), 395.  
 Pickering, E. C., 239, 484, 489, 491,  
 497.  
 Pickering, W. H. 377, 378, 392, 393,  
 401, 483, 507.  
 Pilâtre, de Rozier, 316.  
 Plato (K. e. 290), 270.  
 Podmaniczky Gézáné bárónő, 488.  
 Poincaré, H. 512.  
 Pons, J. L. (1761—1831), 428, 439.  
 Porter, J. G. (Cincinnati), 468, 469.  
 Posidonius (K. e. 260), 78.  
 Pratt, H. (1838—91), 400.  
 Preston, E. D., 89, 97.  
 Pritchard, C. (1808—93), 461, 477.  
 Pritchett, C. W., 331.  
 Pritchett, H. S., 398.  
 Proclus (K. e. 450), 270.  
 Proctor, R. A., amer. cs. (1837—88),  
 61, 62, 468.  
 Ptolemaeus, (K. u. 140), 79, 343.  
 Pythagorasz (K. e. 530), 75, 426.  
 Quénillet, F., francz. cs., 431.  
 Radau, 97.  
 Ramsay, W. (London), 307.  
 Ramsden, (1735—1800), 222.

- Ranyard, A. C. (1845—94), 480.  
 Rayet, G. (Bordeaux), 482, 516.  
 Rees, I. K., amerikai cs., 97.  
 Repsold, A., 216.  
 Riccioli, G. B. (1598—1671), 270.  
 Ricco, 309.  
 Richaud, M. (1650—1700), 495.  
 Richer, I. (1640—96), francia cs., 88.  
 Ritter, A., 266, 511.  
 Roberts, J. 499, 500, 503, 504, 505, 507.  
 Roemer, Olaf (1644—1716), 377.  
 Rogers, W. A. (1832—98), 61.  
 Rordame, A., amer. cs., 431.  
 Rosse, lord (1800—67), 219, 220, 505, 512.  
 Rothschild, 235.  
 Rowland, H. A., a Hopkins-egyet. tan., 203, 299, 302.  
 Runge, K., német fiz., 303.  
 Russell, H. C. (Sydney), 399, 501, 503.  
 Saegmüller, G. N., 233.  
 Safford, T. H., 465.  
 Sawyer, E. F., 486.  
 Schaeberle, I. M., amer. csill., 327, 445.  
 Scheiner, J. (Potsdam), 485.  
 Schiaparelli, G. W. (Milano), 391, 392.  
 Schjellerup, H. C. F. (1827—87), dán csill., 482, 516.  
 Schönfeld, 462.  
 Schuster, A., 328, 445.  
 Secchi, A., (1818—78), olasz csill., 290, 481, 485.  
 See, T. J. J., 386, 494, 512.  
 Seeliger, 403, 462.  
 Seneca, 426.  
 Serviss, G. P., amer. csill., 61.  
 Snell, W. (1591—1626), hollandi mathem., 79.  
 Spitaler, R., 436.  
 Spoerer, F. W. G. (1822—95), 294.  
 Steinheil, R., 216.  
 Sterneek, R., 89.  
 Stone, O., 242, 378.  
 Stoney, G. I., 360.  
 Struve, J. G. W. (1793—1864), 494.  
 Struve, L., 469.  
 Sumner, T. H. (1810—70), amer. tengerész, 193.  
 Swedenborg, Emmanuel, 511.  
 Swift, L., 429, 503.  
 Szily Kálmán, 113.  
 Tacchini, P. (Róma), 309.  
 Taylor, H. D., 212.  
 Tempel, E. W. L. (1821—89), ném. csill., 353, 428.  
 Thalesz (K. e. 600), 75, 314.  
 Thulis, M. (1750—1805), 428.  
 Titius, J. D. (1729—96), ném. csill., 363.  
 Trouvelot, L. (1820—92), 310.  
 Trowbridge, M. L., 41.  
 Turner, H. H. (Oxford), 487.  
 Tuttle, H. P. (1839—92), 436.  
 Tycho, Brahe (1546—1601), dán csill., 54, 427, 488.  
 Ulugh, Beg., (K. u., 1420), 465.  
 Upton, W. a Browning-obsz., igazg., 61.  
 Very, F. W., amer. csill., 267.  
 Vespasianus, 426.  
 De Vico, F. (1805—48), 436.  
 Vogel, H. C., 382, 473, 485, 498, 515.  
 Walther (1430—1504), 270.  
 Warner és Swasey, 10, 51, 85, 216.  
 Watson, Y. C., amer. csill., 395.  
 Webb, T. W. (1807—85), ang. cs., 62.  
 Wesley, W. H., 328.  
 Williams, A. S. 392, 399.  
 Wilson, A. C. amer. tanár, 392, 444.  
 Wolf, 395, 448, 482, 501, 516.  
 Wolfer, A. (Zürich), 294.  
 Wollaston, W. H. (1766—1828), ang. fiz., 203.  
 Wood, R. W., 412.  
 Wright, Th., 511.  
 Young, C. A. (Princeton), 296, 307, 325.

## II. Tárgymutató.

### A

Aberratio 169.  
 — állandója 170.  
 Aberrációs idő 359.  
 Achernar 461.  
 Aequatoreal 49, 51.  
 — beirányítása és használata 50.  
 Alacsony víz 183.  
 Alapkatalógusok 465.  
 Aldebaran 57, 66, 461, 473, 479, 480.  
 Alferatz 64.  
 Algol 481  
 Algolféle csillagok 486.  
 Algoljelleű csillagok. 491.  
 Alkonycsillag 347.  
 Alkor 59.  
 Állatkör jegyei 36.  
 Állatöv 62.  
 Állatövi fény 382  
 — — láthatósága 384.  
 Állócsillag 7, 459, 466.  
 Almagest 343.  
 Almukantarát 24.  
 Alsó bolygók 343.  
 — — állásai 343.  
 Altair 461, 473, 479, 480.  
 — szinképe 485.  
 — tengelyforgása 498.  
 Altazimut műszer 44, 45.  
 — — használata 46.  
 Amherst College 335, 449, 456.  
 Andromache (175) 353.  
 Andromeda 440.  
 — kettős csillag 493.  
 — ködfoltja 504.  
 Andromedae Gamma 464.  
 Andromedidák 440, 455.  
 Anomalisztikus év 172.  
 Antares 66, 461, 481.  
 Antiapex 469.  
 Antliae S 491.  
 Apastron 495.  
 Apály 184.  
 Apex 450, 469.  
 Apogaeum 248, 254.  
 Apró bolygók 395.

Apsis vonal 144.  
 — — hajlása 360.  
 Áradás és apadás tartama 188.  
 Ár-apály a nagy tavakban 188.  
 Arcturus 60, 461, 479, 480, 481.  
 — szinképe 485.  
 Argo 483.  
 Argo hajó 8.  
 Argus  $\alpha$  461.  
 Argus  $\eta$  490.  
 Árhullám magassága 187.  
 Ariel 379.  
 Arietis  $\alpha$  473.  
 Árnyék hossza 155.  
 Árnyékok 317.  
 Asopus 391.  
 Astrolabium 54.  
 Aszteroidok 343.  
 Átmenetek megfigyelése 226.  
 Átmeneti cső 225.  
 Augusztusi raj 454.  
 Auriga 488.  
 Aurigae  $\beta$  szinképei 497.  
 Azimut 44.

### B

Baktérítő 167.  
 Bécsi meteorokgyűjtemény 456.  
 Belső bolygók 351.  
 — — kísérői 374.  
 — — pályája 352.  
 Berenike hajfürtje 503.  
 Bessemer-körte 312.  
 Beta 883, kettős csillag 494.  
 Betelgeux 461, 473.  
 Bethlehememi csillag 345.  
 Biela üstököse 439, 456.  
 Bielidák 441, 456.  
 Bika 258.  
 Billegő 182.  
 Bode törvénye 363.  
 Bolometer 206, 304.  
 Bolygók 12, 340.  
 — alakulása 510.  
 — albedója 363.  
 — átvonulása 370.  
 — direkt mozgása 340.

Bolygók elfödése 339.  
 — érintkezései 371.  
 — fázisai 347.  
 — felszíne 382.  
 — fényessége 362.  
 — földtávolukban 351.  
 — holdjai 374, 375.  
 — középtávolsága 357, 360.  
 — lapultsága 368.  
 — látszólagos mozgásai 340.  
 — látszólagos nagysága 361.  
 — libegése 368.  
 — nagysága 365.  
 — osztályozása 343.  
 — retrograd mozgása 340, 349.  
 — tengelyforgása 367.  
 — tömege 366.  
 — üstökös családjai 437.  
 — viszonylagos távolságai 364.  
 — vonzási törvénye 411.  
 Bolygópályák elemei 359.  
 — hajlása 354.  
 — igazi alakja 354.  
 — külpontossága 355, 360.  
 Bolygószerű ködfoltok 505.  
 Bootis  $\epsilon$ , 493.  
 Brachyteleskop 219.  
 Brittt muzeum meteorokövei 456.  
 Brooks üstököse 442, 448.  
 Bruce távcsöve 8, 466.

## C

Caneri Z, 464.  
 Canopus 461.  
 Capella 59, 461, 479, 481.  
 Capricorni Delta 66.  
 Carina 484.  
 Carinae  $\eta$  467.  
 Cassegrain távcsöve 218, 219.  
 Cassiopeia 59, 469.  
 — Bétája 112.  
 — Deltája 120.  
 — Etája 464.  
 Castor 493.  
 Centauri Alfa 14, 461, 477, 479.  
 Centauri  $\alpha$  kettőscsillag 495.  
 Centauri  $\beta$  461.  
 Centauri  $\omega$  91, 486.  
 Cephei Delta 487.  
 Ceres 364.  
 Ceti Alfa 463.  
 Ceti  $\gamma$  493.  
 Ceti Omikron 487.  
 Chamaeleon 197.  
 Cheseaux üstököse 438.  
 Chromoszféra 306.

Chronográf 230.  
 Chronométer 179.  
 — czélja 180.  
 — óraműve 181.  
 Coggia üstököse 441.  
 Collimatio 226.  
 — vonala 227.  
 „Companion“ 487.  
 Compensatio 228.  
 Constellatiók, l. csillagképek.  
 Copernicus-hegy 269, 275.  
 Cor Caroli 493.  
 Coronium 328, 329.  
 Crucis  $\alpha$  461.  
 Csillagászat alkalmazásai 2.  
 — haszna 1.  
 Csillagászati jelek 36.  
 — műszerek 205.  
 — nap 114.  
 — óra 227.  
 Csillagfödés 245, 335, 339.  
 Csillaghalmazok 498.  
 Csillaghullás 449.  
 — lajstroma 451.  
 Csillagidő és középidő összefüggése 124.  
 Csillagjegyzékek és térképek 464.  
 Csillagképek 8, 56.  
 — változásai 468.  
 Csillagkereső 61.  
 Csillaglampa 60.  
 Csillagmozgások a látás vonalában 470.  
 Csillagnap 110.  
 Csillagnyomok 233.  
 Csillagok aberrációjá 171.  
 — alakulása 509.  
 — eloszlása 502.  
 — fénye 473.  
 — középhelye 465.  
 — méretei 481.  
 — nagyságrendje 401.  
 — napi mozgása 69, 70.  
 — összesített fény mennyisége 463.  
 — pislogása 93.  
 — saját mozgása 466.  
 — sebessége 473.  
 — száma 7, 462.  
 — színe 463.  
 — távolsága 14, 473.  
 Csillagrendszerek 459.  
 Csillagszínképek 481, 515.  
 — tömeges fotográfiái 483.  
 Csillagtávolság meghatározása 477, 479.  
 Csillagtérképek 57.  
 Csillagváltozóság okai 492.

Csillagvizsgáló fekvése 203.  
 — leírása 204.  
 Csillagvonulás (drift) 469.  
 Cygni  $\beta$  464.  
 Cygni  $\delta$  476, 479, 493.

D

Dagály 184.  
 Daru-csillagkép 505.  
 Dátumválasztó 198.  
 Dearborn-observatórium 204.  
 Declinatio 47.  
 Declinatiokör 50.  
 Declinatio tengely 50.  
 Deimos 375.  
 Delelés 27.  
 Dél az égen 37.  
 Déli csillagidő 124.  
 Déli kereszt 195.  
 Déli sarktáj 196.  
 Délkör 24, 31.  
 Délkőrszoba 205.  
 Delphini W. 491.  
 Delta Aquaridák 462.  
 Deneb 461.  
 Diffractions kép 215.  
 Dione 378.  
 Dioptra 46.  
 Dioptriák száma 215.  
 Donati üstököse 15, 428, 429, 430,  
 435, 440.  
 Doppler elve 304, 472.  
 Draconis Alfa 135.  
 Draconis Delta 293.  
 Draper-féle katalógus 484.

E

Égboltozat alakja 19.  
 Ég fotografiai térképe 465.  
 Éggömb 23.  
 — álló tengelyű 68.  
 — dűlt tengelyű 69.  
 — fekvő tengelyű 71.  
 Égi fotográfiák 237.  
 — — készítése 238.  
 Ég sarkai 30.  
 Ég sarkának keresése 28.  
 Egyenes emelkedés l. rectascensio.  
 Egyenlítő az égen 30, 47.  
 — rendszere 30, 32, 46.  
 Egyenlítő-ekliptikai készülék 33.  
 Egyetemes tömegvonzás 404.  
 — — törvénye 415.  
 Egységes idő 127—131.  
 Éj csillagai 6.

Éjféli Nap 108.  
 Éjjeli ég 7.  
 Ekliptika 33, 52, 137.  
 — ferdesége 154.  
 — helye 65.  
 — rendszere 32, 34.  
 Elhajlás, l. declinatio.  
 Ellenlábások 22.  
 Ellipszis 141.  
 — határesetei 142.  
 Elongatio 345.  
 — legnagyobb értéke 346.  
 Elsötétült hold láthatósága 334.  
 Elveszett nap 199.  
 Enceladus 378.  
 Encke üstököse 431, 435, 439.  
 Ephemeris 124, 126, 238.  
 Epicyklus 341.  
 Epocha 360.  
 Eridani  $0^2$  479.  
 Érintkezések a napfogyatkozáskor  
 325.  
 Eros 359.  
 Erős tengerjárás 185.  
 Eratosthenes, hegy 269.  
 Észak az égen 37.  
 Északi korona 488.  
 Északpont meghatározása 18, 118.  
 Éta Aquaridák 462.  
 Ether 40.  
 Eumenides Orcus 391, 392.  
 Euphrates 391.  
 Év 172.  
 Évi parallaxis 474.  
 Évszakok 158.  
 — a déli féltekén 168.  
 — földrajzi szempontból 166.  
 — megfejtése 161.  
 1474-es vonal 327.

F

Fastigium Aryn 391.  
 Felfedezések fotografiával 239.  
 Felhőzet 5.  
 Felső bolygók 343.  
 — — állásai 347.  
 Felszálló csomó hossza 360.  
 Fény dispersiója 209.  
 — egyenes iránya 40.  
 Fényegyenlet 377.  
 Fényév 478.  
 Fénygyűjtő képesség 213.  
 Fénysugarak ferde beesése 163.  
 Fénysugár visszaverődése 208  
 Fényterjedés ideje 377.  
 Fény terjedési sebessége 147.

Fiastyúk, 1. Pleiadok.  
 Finom mozgató 52.  
 Flora 396.  
 Focus 207.  
 Fogyatkozási év 337.  
 Fogyatkozások visszatérése 337.  
 Fogyatkozás története 338.  
 Fokvárosi csillagvizsgáló 258.  
 Fomalhaut 461.  
 Fonálháló 226.  
 Fonálkereszt 226.  
 Fotochronográf 232.  
 Fotometer 206.  
 Föld alakja 88.  
 — árnyéka 332.  
 — árnyékának átmérője 333.  
 — egyenletes forgása 131.  
 — esése a Nap felé 149.  
 — forgásának bizonyítékai 100.  
 — forgásának iránya 99.  
 — görbülete 75.  
 — gömbölyűsége 76.  
 — mérésének története 78.  
 — nagysága és térfogata 80.  
 — ókori nézet szerint 74.  
 — övei 167.  
 — pályája 138, 143.  
 — pályájának jövője 144.  
 — súlypontjának pályája 414.  
 — tengelyének szöge 159.  
 — tömege 89.  
 — útja a térben 139, 470.  
 — útja az ekliptika pólusából nézve 162.  
 — valódi mozgása 98.  
 Föld- és holdpálya aránya 318.  
 Föld és Hold tömegközéppontja 413.  
 Föld és Mars pályája 388.  
 Földgömb 22.  
 Földi táveső 223.  
 Földpálya külpontossága 144.  
 — nagysága 148.  
 Főldsarkok vándorlása 95.  
 Függő 18.  
 — eltérése 87.

## G

Geminidák 452.  
 Geminorum Zeta 487.  
 Geminorum  $\alpha^1$  498.  
 Geodézia 79.  
 Gnomon 17.  
 Golyóalakú halmaz 500.  
 Görbevonalú mozgás 411.  
 — — és hajtóerő 415.  
 Görög betűk 57.

Greenwich, égi 111.  
 Greenwichi obszervatórium 471.  
 Groombridge 1830, 479.

## Gy

Gyújtópont és sik 208.  
 Gyűrű ékköve 453.  
 Gyűrűs és elliptikus ködök 504.  
 Gyűrűs napfogyatkozás 322.

## H

Hajlásszög az ekliptikához 360.  
 Hajnalszög 347.  
 Hajós csillagászata 177.  
 Hajózás 177.  
 Halak 134.  
 Halley üstököse 429, 435, 438, 443.  
 Halszaj 506.  
 Harmonikus törvény 357.  
 Háromszögelés 79.  
 Harvard College 491.  
 Harvard-obszervatórium 8, 204, 221, 401, 466, 484.  
 Hattyu 488.  
 Heliocentrikus mozgás 352, 353.  
 Heliostat 206.  
 Helium 307, 489.  
 Hellasz 391.  
 Helyi idő 130.  
 Herculis  $\alpha$  464, 481, 487, 493.  
 Herschel távesője 218.  
 Hesperia 394.  
 Hesperus 347.  
 Hét napjai 174.  
 Hold 12, 242.  
 — a Föld fényében 246.  
 — a szemhatár közelében 262.  
 — átmérőjének mérése 260.  
 — együttállása 253.  
 — éjenkénti változása 248.  
 — esése 259.  
 — felszíne 268.  
 — fénye és melege 267.  
 — fényhatára 243.  
 — fényváltozása 243.  
 — fotográfiája 269, 271.  
 — hegységei 272, 273.  
 — kráterei 273, 274.  
 — légköre 265.  
 — levegője és vize 266.  
 — libegése 265.  
 — méretei 260.  
 — mint mértékegység 42.  
 — mozgása észak és dél felé 246  
 — mozgásának megfigyelése 242

- Hold napi késése 247.  
 — pályája a Föld körül 253.  
 — parallaxisai 256.  
 — rianásai 275.  
 — synodikus ker. ideje 250.  
 — szembenállása 253.  
 — sziderikus keringési ideje 249.  
 — távolsága 254.  
 — távolságának mérése 257.  
 — tengelyforgása 264.  
 — tömege 264.  
 — zenitben 263.

- Holdba látogatás 277.  
 Hold és időjárás 267.  
 Hold és vonzási törvény 410.  
 Holdfogyatkozás 331.  
 Holdfogyatkozási határ 333.  
 Holdfogyatkozás rajza 335, 336.  
 Holdhegy magassága 274.  
 Hold kíserte bolygó tömege 419.  
 Hold nélküli bolygó tömege 420.  
 Holdpálya csomói 252, 319.

- hajlása 252.  
 — igazi alakja 253.  
 Holdtájkép 277.  
 Holdtérkép 270  
 Holdtölték őszkor 248.  
 Holdváltozás l. lunatio.  
 Hónap napjainak száma 175.  
 Hónap neve 242.

- Horizon 19.  
 —, látszó 20.  
 —, tulajdonképeni 21.  
 Horizon rendszere 24.  
 Horológia 228.

- Hosszúság, égi 53, 74.  
 — meghatározása 127, 192.  
 Hosszúsági fok nagysága 87.  
 Hosszúsági kör 34.  
 Hullámalak haladása 187.  
 Hullócsillagok 151, 448.  
 — magyarázata 455.  
 Hullócsillagpálya a térben 453.  
 Hullócsillag rajok 451.  
 Hurokképződés 348.  
 Husvét napja 176.  
 — vasárnapja 175.  
 Hüvelyk 322.  
 Hydrae Epszilon 493.  
 Hydri Béta 197.  
 Hyperion 375, 378.

## I

- Időegyenlítés 115, 157.  
 Időjelzés 197, 198.  
 — a hajón 183.

- Időjelző 4, 198.  
 Időmeghatározás csillagvizsgálon 123.  
 Időmérés csillagok segítségével 111.  
 Időmérők a régiéknél 117.  
 Idő összehasonlítása 199.  
 Időszámítás 173.  
 Ikercsillagok 493.  
 Inga 228.  
 Ingaakasz 228.  
 Isorachiák 187.

## J

- Japetus 378.  
 Juno 364.  
 Jupiter 342.  
 — felszine 396.  
 — fizikája 377.  
 — légköre 381.  
 — távcsőben 2, 362.  
 — térképe 398.  
 — üstökös családja 436.  
 — vörös foltja 397, 398.

## K

- Kelet az égen 37.  
 Kepler törvényei 356  
 Kereső 52.  
 Kettős csillagok 494.  
 — — tömege 496.  
 Kikötőidő 186.  
 Kis Medve 59.  
 Knyahinai meteorok 456.  
 Kolor 31.  
 Kos 63, 111.  
 — jegye 134.  
 Kozmogónia 509.  
 Ködelmélet 511.  
 — bizonyosságai 512.  
 Ködfoltok 503.  
 — eloszlása 507.  
 — szinképe 505.  
 Ködös csillagok 505.  
 Kölesönös vonzások 413.  
 Könyök-aequatoreal 235.  
 Kör beosztása 40.  
 Középdél 114, 125.  
 Közép Nap 114.  
 Középponti Nap 470.  
 Kules a chronográfán 230.  
 Külpontosság 351.  
 Külső bolygók pályái 353.

## L

- Lacus Phoenicis 392.  
 Lant gyűrűsköde 502, 504.  
 Láthatatlanok csillagászata 496.  
 Látószög 206  
 Légkör tisztasága 203.  
 Légköri sugártörés 91.  
 Legközelebbi s legtávolabbi bolygó 359.  
 Legrövidebb távolság 200.  
 Lencse 207.  
 — nyílása 212.  
 Lencsekép szélessége 214.  
 Leonidák 452.  
 Leonis  $\gamma$  473, 493.  
 Leonis R. 487.  
 Leviathan reflektor 219.  
 Librae Delta 487.  
 Lick-obszervatórium 13, 204, 216,  
 221, 392, 399, 400, 462.  
 Lowell-obszervatórium 204.  
 Lunatio 251.  
 Lyrae  $\beta$  486.  
 Lyrae Epsilon 498.  
 Lyridák 462.

## M

- Magasság 43.  
 Magassági kör 45.  
 Magas tengerjárás 423.  
 Mágneses declinatio 294.  
 Maia 239.  
 Mare Cimmerium 391.  
 Margaritifera Sinus 391.  
 Mars 342.  
 — fázisai 348.  
 — felszíne 387.  
 — látszólagos nagysága 361.  
 — légköre 380.  
 — rajzai 391.  
 — sarkfoltjai 389, 390.  
 — szeme 392.  
 Marscsatornák 390.  
 — jelentősége 393.  
 — megkettőzése 393.  
 — változása 394.  
 Megfordító réteg 325.  
 Merak 57.  
 Meridiankör 234.  
 Merkúr 341, 342, 345.  
 — fázisai 348.  
 — felszíne 384.  
 — légköre 379  
 — térképe 385.  
 Merkúrvonulások 372.

- Messzelátó készítése 215.  
 Meteorit 449.  
 Meteoritek elemzése 457.  
 Meteorikövek hullása 458.  
 Meteorok 448.  
 — pályái 452.  
 Meteorvas 456.  
 Mikrométer 224.  
 Mikroszkóp l. nagyító  
 Millennium éve 316.  
 Mimas 378.  
 Mira 481.  
 Miraféle csillagok 486.  
 Mizar 59, 120, 498.  
 Monocerotis 15, 9.

## N

- Nadir 19.  
 Nadirbeállítás 235.  
 Nadirhullám 165.  
 Nagy Gönczöl 468.  
 Nagyítás meghatározása 224.  
 Nagyító 222.  
 Nagy Medve 58.  
 Nagyobb bolygók holdjai 375.  
 Nagy számok kifejezése 37.  
 Nagyszórású csillagszinképek 485.  
 Nap 277.  
 — a hajó zenitjében 196.  
 — burkolata 310.  
 — délkörátmenete 12.  
 — elhajlása 84.  
 — évi évszaki mozgása 151.  
 — fényereje 311.  
 — fényessége 461.  
 — fotoszférája 289, 310.  
 — koronája 311, 326, 330.  
 — látszó évi mozgása 137.  
 — megfigyelése 287.  
 — méretei 286.  
 — multja és jövője 314.  
 — nagysága 283.  
 — sugárzó hője 312.  
 — tava 392.  
 — távolsága 281.  
 — tengelyforgása 295.  
 — tömegének meghatározása 420.  
 — uralkodása 279.  
 — vonzásának ereje 417.  
 Nap- és holdfogyatkozási szakok 337.  
 Nap- és holdfogyatkozások viszonyos gyakorisága 336.  
 Nap és Jupiter közös súlypontja 367.  
 Napjegylenlőség 103, 158.

- Napéjegyenlőségi pontok 34, 53, 111.  
 Napfáklyák 289, 295.  
 Napfelkelte és -lenyugta 106—108.  
 Napfelszín melege 313.  
 Napfogyatkozás 1887-ben 321.  
 — hazánkban 330.  
 — jövőben 330.  
 — lehetséges száma 321.  
 — oka 316.  
 — ó-korban 314.  
 — újabb időben 329.  
 Napfogyatkozási határ 320.  
 Napfolt 6, 290.  
 — alakulása 291.  
 — eloszlása 292.  
 — hatása 294.  
 — időszakisága 293.  
 — szinképe 303.  
 Napfordulat, l. solstitium.  
 Napfordulati pontok 52.  
 Napi mozgás 26, 27.  
 Napközel 144.  
 — hossza 360.  
 Naplégkör elnyelése 303.  
 — metszete 311.  
 Nap lenyugtának késése 116.  
 Napmeleg fentartása 313  
 Napmozgás iránypontja 469.  
 Napnehézség 287.  
 Nap okozta tengerjárás 422.  
 Napóra 118.  
 Napórai és csillagidő 150.  
 Napórai nap 113.  
 Nappal felosztása 98.  
 — hossza 108.  
 Nappal és éjszaka 101, 104, 105.  
 — napéjegyenlőségkor 102.  
 — napfordulatkor 103.  
 Nappali ég 5.  
 Nappali iv 27.  
 Napszinkép 298.  
 — fotografálása 301.  
 — részei 304, 305.  
 Naptár 172.  
 Naptárjavítás 175.  
 Naptávol 144.  
 Nautical Almanac 178.  
 Nautisches Jahrbuch 178.  
 Naval observatory Washingtonban 217, 420.  
 Nectar 391.  
 Negatív okulár 222.  
 Nehézség 87.  
 Nemzeti múzeum 449.  
 Neptunus 343, 348.  
 — felfedezése 404.  
 Neptunus holdja 379.  
 — légköre 382.  
 Newton mozgási törvényei 406—410.  
 — távcsöve 218.  
 — vonzási törvénye 359.  
 Nova Andromedae 488.  
 Nova Aurigae 488.  
 Nova Carinae 489.  
 Nova Centauri 489.  
 Nova Cygni 488.  
 Nova Normae 489.  
 Nova Persei 488.  
 Novemberi hullócsillagok raja 452.  
 Nutatio 424.  
 Nyári napfordulat melege 165.  
 Nyugat az égen 37.
- O
- Oberon 379.  
 Objektív 207.  
 — hatályossága 212.  
 Obszervatórium 202.  
 Oclusio a meteorban 458.  
 Ó-gyallai csillagvizsgáló 237.  
 Okulár 207.  
 Omikron-Ceti-osztály 493.  
 Ophiuchus 488.  
 Optikai kettőscillagok 495.  
 Optikai üveg 208.  
 Órák 48.  
 Óraker 31, 50, 52.  
 Óraterem 228.  
 Orion 59, 468.  
 — nagy ködfoltja 506, 507.  
 Orionidák 452.  
 Oroszlán 66.
- Ö
- Örvényalakú ködök 505.  
 Özpont 34, 64.
- P
- Pallas 364, 396.  
 Parabola 433.  
 Parallaktikus ellipszis 475.  
 Parallaktikus szerelés 51, 205.  
 Parallaxis 255.  
 — és magasság 257.  
 Parallelkör 31.  
 Párisi reflektor 220.  
 Passage műszer 121.  
 Pecsétgyűrű meteorit 456.

Pegasi 15, 499.  
 Periastron 495.  
 Perigaeum 248, 254.  
 Persei Beta 487.  
 Perseidák 452, 454.  
 Perseus kettős halmaza 500.  
 Phobos 374.  
 Phoebe 378.  
 Phosphorus 347.  
 Pictor csillagkép 468.  
 Pleiadok 66, 133, 499.  
 — elfödése 339.  
 — mozgása 469.  
 Polaris 134, 479, 480.  
 — kettőscsillag 493.  
 Polgári idő 115.  
 Pollux 461, 480.  
 Polyhymnia 396.  
 Potsdami csillagvizsgáló 472.  
 Pozitív okulár 222.  
 Praecessio 131—135.  
 — oka 424.  
 Prágai obszervatórium 272  
 Procyon 60, 461, 479, 480.  
 Protuberantiák 306, 307,  
 — kitörései 311.  
 — osztályozása 308.  
 —, nyugvók 310.  
 Pulkovai távcső 239.

## Q

Quadrantidák 452.

## R

Rácsok 299.  
 Radián 42.  
 Radians 451.  
 Ráktérítő 167.  
 Rectascensio 48.  
 Reflektor 209, 218.  
 — összehasonlítva a refraktoral  
 22.  
 Refraktor 208, 217.  
 Regulus 60, 65, 66, 461, 480.  
 Rendszerek az égen 23.  
 — összefüggése 55.  
 Részleges napfogyatkozás 322.  
 Rhea 378.  
 Rigel 461, 473.  
 Rigel kettőscsillag 493.  
 Rosse távcsöve 511.  
 Royal Institution 458.

## S

Sagittarii X 487.  
 Sappho 396.  
 Sárkány ködfoltja 508.  
 Sarkcsillag 28, 59, 119.  
 — emelkedése 67.  
 —, mint fényegység 461.  
 Sarki éjszaka 109.  
 — fény 94.  
 Sarkkörüli csillag 28.  
 Sarktávolság 47.  
 —, ekliptikai 52.  
 Sarktengely 50.  
 Saros 337.  
 Saturnus 13, 343, 348.  
 — felszine 399.  
 — gyűrűi 400, 401, 402.  
 — holdjai 378.  
 — légköre 381.  
 Scorpii  $\beta$  493.  
 Scorpii  $\mu^1$  497.  
 Scorpio 488.  
 Sextans 190.  
 Sirius 59, 461, 463, 464, 479, 480,  
 481.  
 Siriusjellegű csillagok 481.  
 Sirius kettős csillag 495.  
 Solis Lacus 391.  
 Solstitium 34, 54, 152.  
 Spektroheliográf 307, 308.  
 Spektroszkóp 296.  
 —, nagyszórású 299.  
 Spektroszkóp és kettőscsillagok  
 496.  
 Spica 60, 65, 66, 461, 473.  
 Sugárzópont 450.  
 Szigiumok 253.  
 Swift üstököse 455.  
 Synodikus keringési idő 353.  
 Syrtis major 388, 391.

## Sz

Szabálytalanul változó csillagok  
 491.  
 Százados változások 145, 360.  
 Százas (saecularis) év 173.  
 Szélesség, égi 52.  
 — és sarkmagasság 67.  
 — meghatározása 66, 82, 85, 192.  
 — nevének eredete 74.  
 Szélességi fok hossza 86.  
 Szélességi kör 34.  
 Szélességi változás 96.  
 Személyi hiba 231, 232.  
 Szemhatár súlydedése 194.

Sziderikus év 172.  
 Sziderikus keringési idő 356.  
 Színkép 297.  
 Színképelemzés 301.  
 Szintelenítés 211.  
 Szögek mérése 39, 224.  
 — és távolságok 42.  
 Szögmérő műszerek 205.  
 Szökőnap 173.  
 Szürkület 93.  
 — öve 94.

T

Tavaszpont 34, 63, 65.  
 Táveső a csillagvizsgálókban 52,  
 205, 206.  
 — fajtái 208.  
 —, hamis nézetek róla 236.  
 — kipróbálása 214.  
 —, parallaktikus 72, 73.  
 Távobhatás 419.  
 Távolság egysége a csillagászatban  
 146.  
 Tejút 9, 501.  
 Telespektroszkóp 300.  
 Teleszkópi csillagok száma 8.  
 Teljes napfogyatkozás 324.  
 Tellurikus vonalok 302.  
 Tempel üstököse 353, 455.  
 Tengeri mérföld 187.  
 Tengerjárás 184.  
 — magyarázata 421.  
 — napi egyenlőtlensége 189.  
 — világalkotása 369.  
 Térítők 167.  
 Tethys 399  
 Tetőkör 24.  
 Titan 378, 399.  
 Titania 379.  
 Titanum Sinus 391.  
 Torlódó ár 189.  
 Többszörös csillagok 498.  
 Tömegvonzás 16, 418.  
 Tört távcső 226.  
 Trapez 506.  
 Triesnecker 276.  
 Trivium Charontis 391.  
 Tropikus év 172.  
 Tűzgömb, l. meteor.

U

Új csillagok 487.  
 — — színképe 489.  
 Umbra 290.  
 Umbriel 379.

Uranus 343, 348.  
 — felszíne 403.  
 — holdjai 378.  
 — légköre 382.

Ü

Üstökösök 15, 426.  
 — alkotása 444.  
 — csoportjai 437.  
 — csóvája 430, 431, 446.  
 — eredete 447.  
 — felfedezése 427.  
 — fénye 443.  
 — fotografálása 445.  
 — időszakisága 435.  
 — képe 429.  
 — méretei 435.  
 — mozgási iránya 435.  
 — napfogyatkozáskor 445.  
 —, nevezetesek 438, 441, 442.  
 — összeütközése 447.  
 — pályái 432, 433.  
 — száma 437.  
 — szétfoslása 448.  
 — tömege 445.  
 — változása 428.  
 Üstökösök és meteorok viszonya  
 455.  
 Üstökösvadászok 428.

V

Vadászebek 505.  
 Vak ár 423.  
 Vak tengerjárás 185.  
 Valódi dél ideje 121.  
 Változó csillagok 485, 486.  
 Variatio 360.  
 Vega 27, 57, 59, 135, 461, 469,  
 479, 480, 481, 485.  
 Vénus 13, 342, 345, 362.  
 — átvonulásai 373.  
 — belépése 380.  
 — hegyei 387.  
 — légköre 379.  
 — világos fele 385.  
 Vesta 343, 364.  
 Vezérsugár 145.  
 Victoria 396.  
 Világegyetem régisége 509.  
 Világtájok 17.  
 Virginis Alfa 249.  
 Visszafénylés 383.  
 Vízióra 117.

## W

Webster szótára 14.  
Widmannstätten-féle rajzok 457.

## Y

Yale-csillagvizsgáló 476.  
Yale-egyetem 449, 456.  
Yerkes C. T. obszervatóriuma 3,  
10, 213, 216, 219, 462, 472.

## Z

Zenit 19.  
Zenithullám 185.  
Zenit-táveső 85.  
Zenit-távolság 44.  
Zeta Aquarii 495.  
Zónaidő 129.



# OSZK

Országos Széchényi Könyvtár

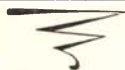


---

A „Kir. Magyar Természettudományi Társulat“ helyisége

**\* VIII., Eszterházy-utca 16. sz. \***

alatt van. — Társulatunk könyvtára és olvasóterme tagtársaink számára nyitva van köznapokon délelőtt 9—12 és délután 3—8 óráig, Széchenyi Könyvtár



# CALDERONI ÉS TÁRSA

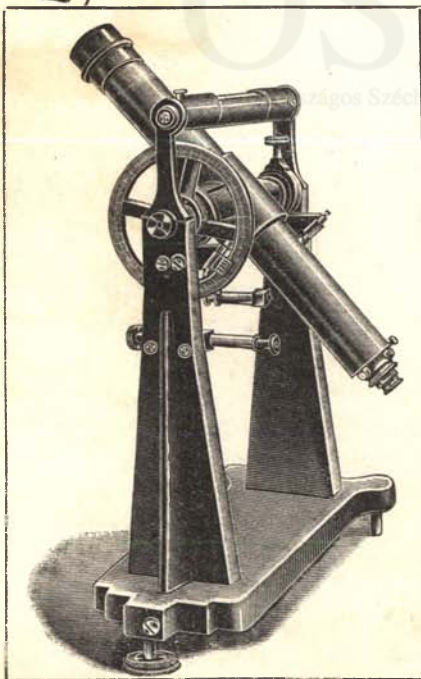
BUDAPESTEN

— Látványraktár : — - Mű- és tanszer-raktár : -  
IV., Váci-utca 1. IV., Kis hid-utca 8.

Csillagászati távcsövek (refraktorok, tükröteleszkópok) műkedvelők számára, a legelső gyárból, eredeti áron. ☉ Passage-műszerek, csillagászati univerzális műszerek, spektroszkópok, spektrografok, fotométerek. ☉ Sextánsok és octánsok. ☉ Chronométerek, chronodeikok. ☉ Meteorológiai műszerek. ☉ Meteorológiai állomások felszerelése az országos magyar királyi központi meteorológiai és földmágnességi int. szabványai szerint.

Mérnöki műszerek.  
Fotografiai készülékek.  
Mindennemű tanszer.

Árjegyzékek  
ingyen és bérmentve.



I. TÁBLA.



TELJES NAPFOGYATKOZÁS (Kranz festménye. 325. lap).

OSZK



Országos Széchényi Könyvtár

II. TÁBLA.



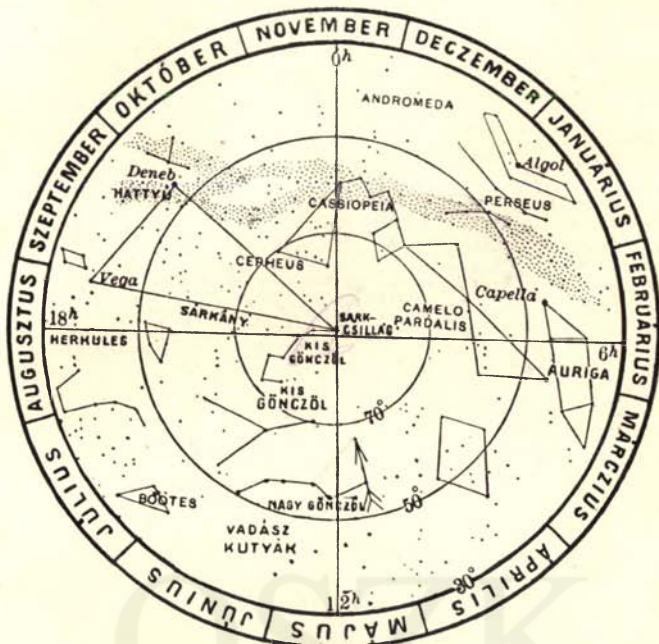
A NAP, A HOGY A TÁVCSÓ ÉS SZEKTROSKÓP MUTATJA (Trouvelot).

# OSZK

Országos Széchényi Könyvtár



### III. TÁBLA.



AZ ÉSZAKI ÉG TÉRKÉPÉNEK MAGYARÁZATA.

A hónap nevét fölfelé tartva, látjuk a csillagok állását esti 8 órakor az északi szemhatáron.



AZ ÉSZAKI ÉG CSILLAGAI.

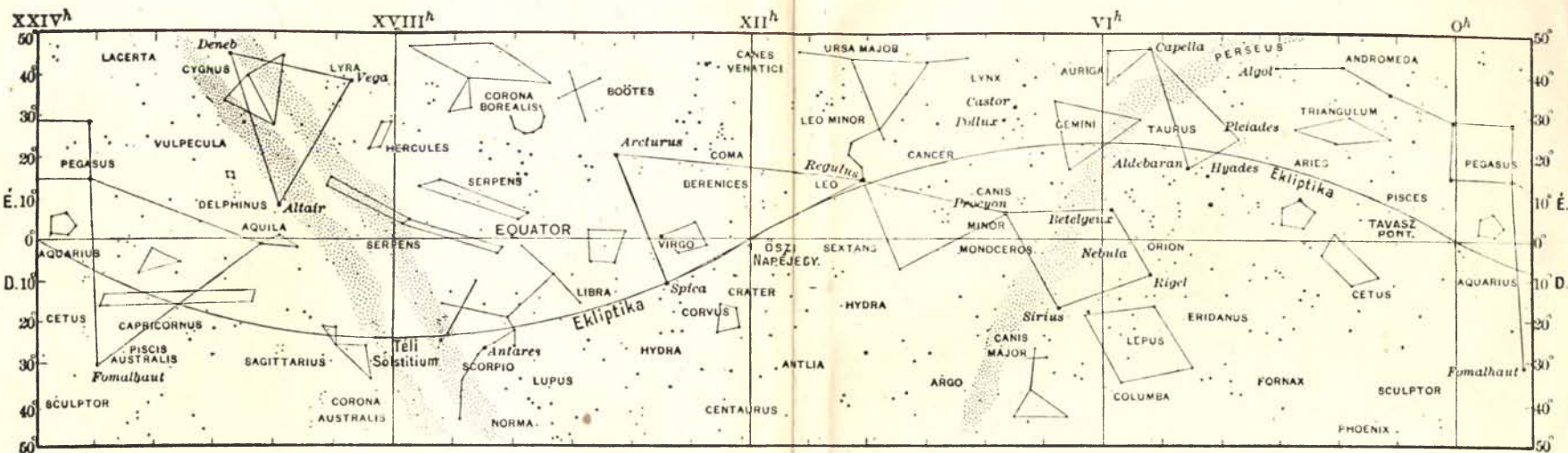
OSZK



Országos Széchényi Könyvtár



# IV. TÁBLA.

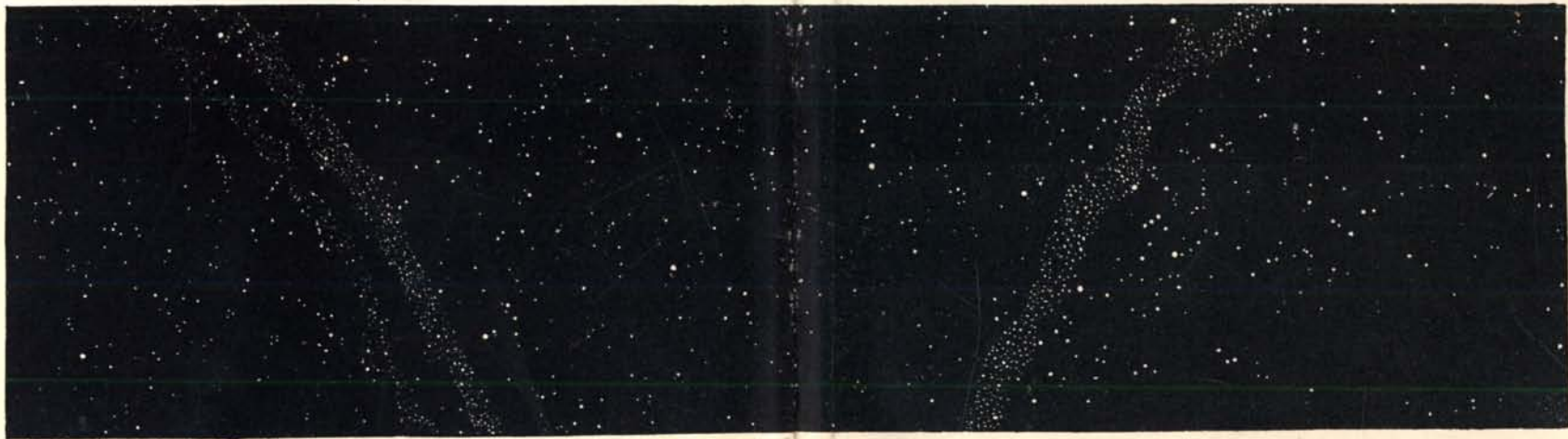


## AZ EGYENLÍTŐI CSILLAGTÉRKÉP MAGYARÁZATA.

Délnek fordulva, a hónap neve alatt álló csillagok esti 8 órakor delelnek.



NOVEMBER | OKTÓBER | SZEPTEMBER | AUGUSZTUS | JÚLIUS | JÚNIUS | MÁJUS | ÁPRILIS | MÁRCZIUS | FEBRUÁRIUS | JANUÁRIUS | DECEMBER | NOVEMBER



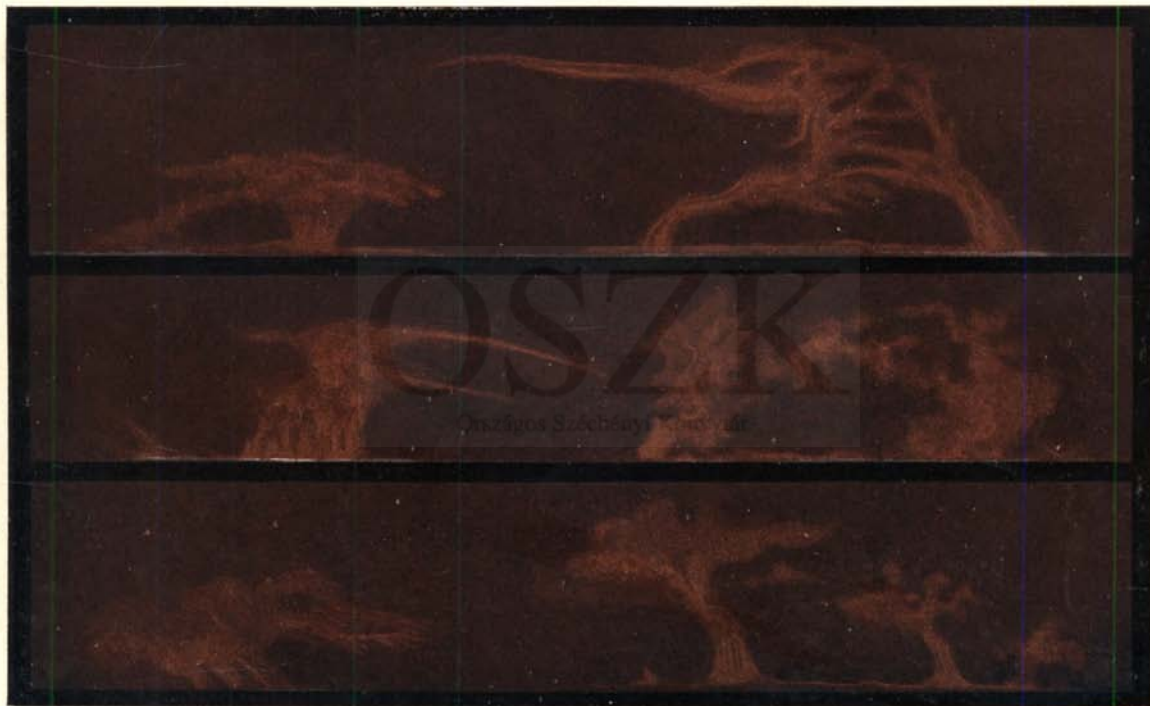
AZ EGYENLÍTŐI ÖV CSILLAGAI.

OSZK

Országos Könyvtár



V. TÁBLA.



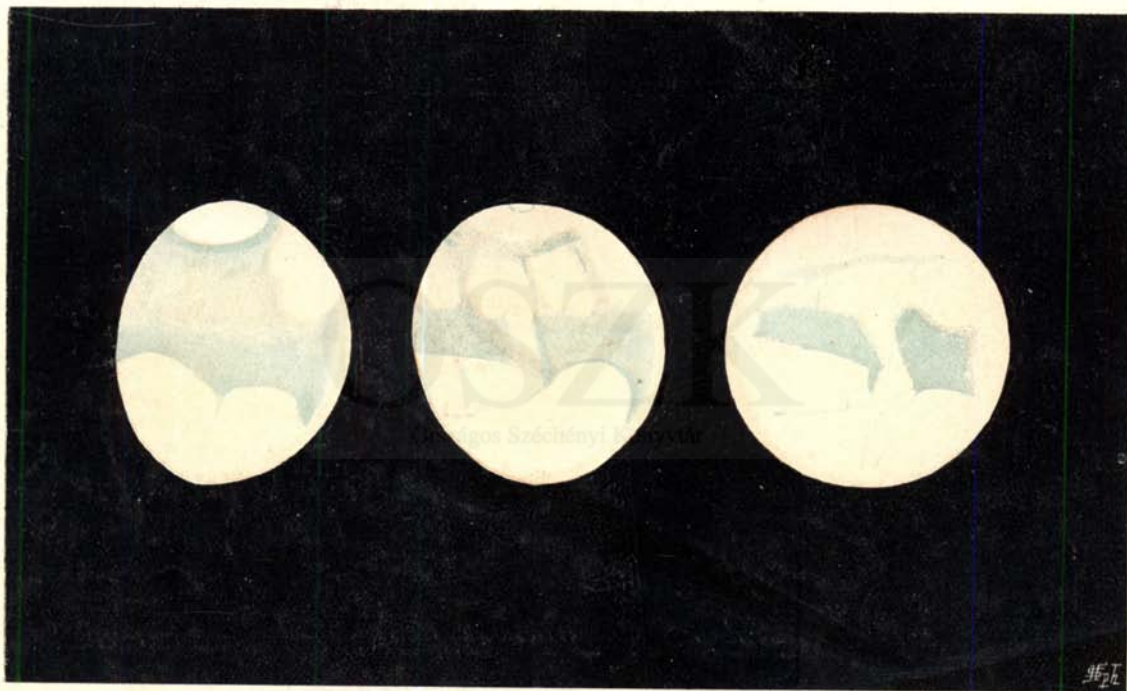
A NAP PROTUBERANTIÁI (Trouvelot rajza szerint).

OSZK



Országos Könyvtár

VI. TÁBLA.



Kora tavasz.

Kora nyár.

Késő nyár.

MARS BOLYGÓ (Lowell eredeti rajzai szerint).

OSZK



Magyar Nemzeti Múzeum Könyvtár

OSZK

OSZK

Országos Széchényi Könyvtár



