



13539

M. FÉLÉN. TUD,  
TÁRS,  
KÖNYVKIADÓ  
VÁLLALAT  
LXVII.

TODD

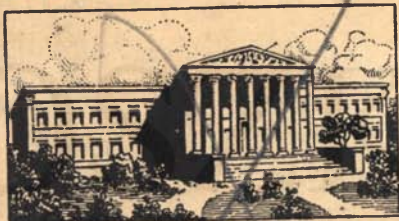
Népszerű

csillagászat

Magyar Könyvtár

N. M.

MAGYAR NEMZETI MUZEUM  
ORSZÁGOS SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁRA



OLVASÓTERMI KÉZIKÖNYVTÁR

012101

KIKÖLCSÖNÖZNI NEM SZABAD

OSZK

OSZK

TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
KÖNYVKIADÓ-VÁLLALAT.

MEGINDULT 1872-BEN.

LXVIII. KÖTET.



TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
KÖNYVKIADÓ-VÁLLALAT.

A M. TUD. AKADÉMIA SEGÍTKEZÉSÉVEL

KIADJA

A K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

---

---

LXVIII.

OSZK  
T O D D,  
Országos Széchényi Könyvtár

NÉPSZERŰ CSILLAGÁSZAT.

A X. (1899 — 1901. ÉVI) CZIKLUS

HATODIK KÖTETE

A KÖNYVKIADÓ-VÁLLALAT ALÁÍRÓI SZÁMÁRA.

# NÉPSZERŰ CSILLAGÁSZAT.

\*

ÍRTA

DAVID P. TODD,

M. A., PH. D.

A CSILLAGÁSZAT TANÁRA ÉS AZ OBSZERVATÓRIUM IGAZGATÓJA  
AZ AMHERST COLLEGE-EN.

FORDÍTOTTA

DR. DARVAI MÓRICZ

KÖZÉPISKOLAI IGAZGATÓ.

AZ EREDETIVEL ÖSSZEHASONLÍTOTTA

DR. KÖVESLIGETHY RADÓ

EGYETEMI TANÁR.

Országos Széchényi Könyvtár

323 RAJZZAL



6 TÁBLÁVAL.

*"Hypothesis non fingo"*  
Is. Newton

BUDAPEST,

KIADJA A K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

1901.



EGYEDÜL JOGOSÍTOTT MAGYAR KIADÁS.

OSZK

Országos Széchényi Könyvtár

(R  
2)

13.539/68  
~~15.087/68~~

M. N. MUSEUM KÖNYVTÁRA  
I. Nyomt. Növevénykénapló  
1902 év 140 sz.



## ELŐSZÓ.

---

E népszerű csillagászat megírására főleg az indított, hogy eddig nem igen törődtek azzal, mikép lehetne a csillagászatot is kísérleti előadások tárgyává tenni. Minthogy művem megírásánál tisztán pedagógiai czél lebegett előttem, mindenütt nagyobb súlyt kellett helyeznem a bármilyen egyszerű alapelvek helyességére, mint az eredmények nagyobb szabású ismertetésére. Elég, ha erre *egy* példát idézek: Ha a növényeknek egész felszerelése mindössze egy méterrúd, tüvel átfűrt kártyalap, és a hármasszabály, nem lesz-e nagyobb hasznára, hogy önmaga méri a Napot (l. a 283. lapon), mintha bármilyen részletesen ismeri ama módszereket, melyekkel a csillagászok pontosan méregetik a világító égi testet?

A csillagászat első sorban megfigyeléseken alapuló tudomány, és nincs ok arra, hogy tanulmányozása ne történjék ugyanily módon. Ez az eljárás bizonyos szellemi éberséget is fejleszt, mely nem engedi, hogy bármi elkerülje a figyelmet. Tizenhat évi tanítás tapasztalataiból tanultam magam is igen sokat abból, a mit e könyvben megvalósítani törekedtem. Föld, levegő, víz (megannyi pusztán anyagi tárgy) mindig van körülöttünk. Érinthetjük e tárgyakat, tulajdonságaikat vizsgálhatjuk, vonatkozásait kísérletileg megállapíthatjuk. Nyilvánvaló, hogy tanulmányozásuk *lehet* kísérleti előadás tárgya. De azzá tehetjük a csillagászatot is, a nélkül, hogy tényleg az égi testekbe utaznánk; mert a fény ezektől is hoz érthető üzenetet, melynek tolmácsolói a geometriai igazságok. Azon-

ban szükséges, hogy a csillagászat tanulmányozója a csillagászat sarkelveit olyanféleképp juttassa kapcsolatba a közönséges, kézzelfogható tárgyakkal, mint a hogyan a fizikus és chemikus teszi; épen azért czélom volt gyakorlati útmutatást adni, hogy a tanár és növendéke már középszerű kézi ügyességgel is szerkeszthessen számos sarkalatos elv megvilágítására alkalmas készülékeket, melyek azonban ismételt elkészítettvén, tényleg már beváltak, s ezért a haladottabbak tanulmányaihoz való felszereléseknek az útját egyengethetik.

Kiváló figyelmeknek volt tárgya a „*The Committee of Ten*“-nek 1892. évi utasítása, a New-York állami *Board of Regents* által (1895) kiadott csillagászati tanítási terv, és a *The Astrophysical Journal* szerkesztő bizottságából, az asztrofizikai és szinképelemzési állandók tárgyában (1896) megindult mozgalom.

Nevelési szempontból lehetőleg értékessé óhajtván tenni művemet, a csillagászatot nem mint elszigetelt és laza összefüggésű tények egymásutánját, hanem mint egymással kapcsolatos tudományos elvek sorozatát igyekeztem bemutatni. Különös súlyt helyeztem az éggömb geometriai felfogására, valamint a csillagászati műszerekhez való vonatkozására. De még a geometriánál is jóval fontosabb a geometriai rendszerek tudományos kapcsolata. Minthogy tengeri utazások most már nem tartoznak a ritkaságok közé, a hajózásnak elemeit is tárgyalom, azokat t. i., a melyekhez a csillagászatnak valami köze van. Kevés fiatal tudománykedvelő jut valaha hozzá, hogy valamely csillagvizsgáló intézet belsejét lássa, de épen ezért annál szükségesebb, hogy legalább az ott használatos műszereket ismerje és értéküket megbecsülhesse, ha mégis alkalma nyílik, hogy ilyen intézetet meg is tekinthessen.

Mindenki tudja és szem előtt tartja, hogy milyen fontos a tudományval való foglalkozáskor inkább gondolkozni, mintsem az emlékező tehetséggel dolgozni. A hol a pusztá emlékezés elkerülhetetlen, ezt legalább meg kell könnyíteni. Ez okból a bolygók tárgyalásakor ez égi testekről való ismereteinket nem a szokásos módon adtam elő, azaz nem egyes bolygók szerint, hanem ezeknek speciális elemei és ismertető vonásai szerint csoportosítva. Az általános tömegvonzás tör-

vényét, mert jelentősége úgy kívánja, részletesebben fejtettem ki, mint a hogyan elemi könyvekben közönségesen szokás. Életrajzi adatok, melyek nem a szövegbe való toldások, a névjegyzékbe szorultak.

Befejezésül köszönetet mondok NEWCOMB washingtoni, PICKERING Harvard-egyetemi tanárnak és KIMBALL kollegámnak a próbaivek elolvasásakor adott hasznos útmutatásukért. Néhány rajzot a MÜLLER és PETERS-féle „*Lehrbuch der Kosmischen Physik*“-ből vettem át. Számos kitűnő fotográfiáért az olvasó, kiadó és szerző egyaránt néhány csillagásznak tartozik hálával, kik közül különösen említendő: néhai TISSERAND, párisi obszervatóriumi igazgató, PICKERING tanár, angol királyi csillagász, továbbá dr. ROBERTS IZSÁK és BARNARD tanár. E két utóbbinak csillagászati fotográfia-gyűjteményét az *Astronomical Society* aranyéremmel tüntette ki.

Az Amherst College obszervatóriumában

*David P. Todd.*

## TARTALOM.

---

	Lap
Előszó . . . . .	V
I. Bevezetés . . . . .	1
II. A csillagászat nyelve . . . . .	17
III. Az éggömb tudományos beosztása . . . . .	39
IV. A csillagok pályafutása . . . . .	56
V. A Föld mint gömb . . . . .	74
VI. A Föld tengelye körül forog . . . . .	98
VII. A Föld a Nap körül kering . . . . .	136
XIII. A hajós csillagászata . . . . .	145
IX. A csillagvizsgáló és műszerei . . . . .	202
X. A Hold . . . . .	241
XI. A Nap . . . . .	279
XII. Nap- és holdfogyatkozások . . . . .	315
XIII. A bolygók . . . . .	340
XIV. Az egyetemes tömegvonzást bizonyító érvek . . . . .	405
XV. Űstökösök és hullócsillagok . . . . .	426
XVI. A csillagok és a kozmogónia . . . . .	459
Függelék . . . . .	515
Műszótár . . . . .	518
Betűrendes névjegyzék és tárgymutató . . . . .	537

---

# CSILLAGÁSZAT KEZDŐK SZÁMÁRA.

## I. FEJEZET.

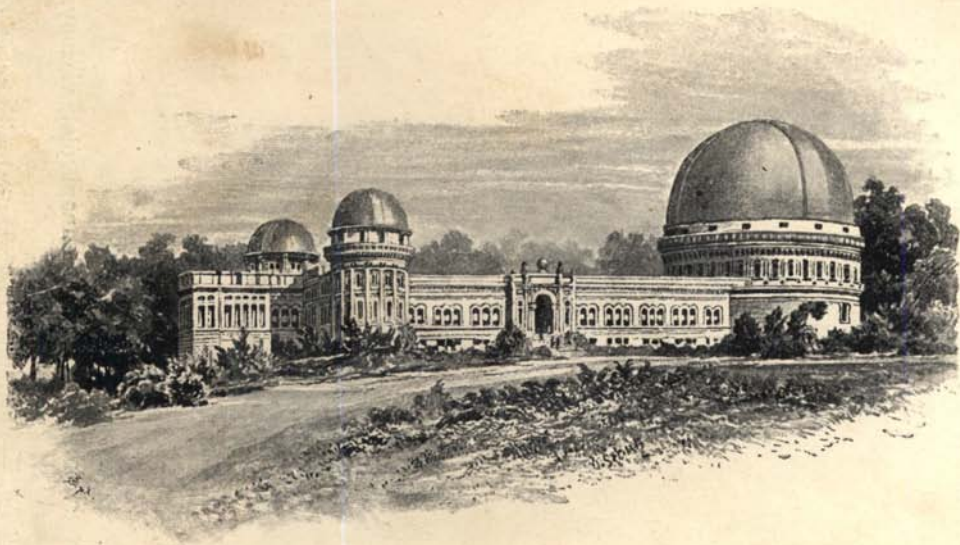
### BEVEZETÉS.

A csillagászat az a tudomány, mely az összes égi testekkel foglalkozik. Szülőanyja a többi tudományoknak, valamennyi között a legtökéletesebb és legszebb. SIR WILLIAM ROWAN HAMILTON, a kitünő matematikus, a csillagászatot arany láncznak mondotta, melylyel az ember a Földet a látható éghez fűzheti, mely arra képesít bennünket, hogy 'a világegyetem nyelvét megtanuljuk, jóslatait megfejtjük'. Ez a nemes tudomány az emberiségnek régi, az ősoktól öröklött kincse; feltartóztatlan haladásában Kelet együgyű pásztoraitól, kik éjjente nyájaikat őrizték, átszállt az ókori birodalmak uralkodóira és a modern gondolkodás óriásaira; úgy hogy mai nap a művelt világ minden részében találni obszervatóriumokat, melyek a legkülönfélébb mérő, mérlegelő és az égi testek tanulmányozására szolgáló eszközökkel felszerelve, egymással versenyre kelnek, midőn tiszta lelkesedéssel igyekeznek tovább fejleszteni ismereteinket a körülöttünk elterülő végtelen térről.

**A csillagászat haszna.** — A tudomány ez ága művelésének nem egy ember magasztos módon egész életét szentelte; és ha ez önzetlen bűvárok történetére csak futó pillantást vetünk, már alig kockáztathatjuk azt a köznapi kérdést: 'Mi haszna volt?' Nagyon kicsinyes és nemes becsvágyat nem ismerő lélektől telhetik ily kérdés, ha bármilyen tudományról van szó, mely tényleges ismereteink végső összegét szaporítja; de legkevesébb van helyén, ha a csillagászatra vonatkozik,

mely a leggyakorlatibb tudományok egyike. Ég és föld között oly szoros kapcsolatot létesít a csillagászat, hogy az egyiknek térképét a másiknak segítségével rajzolja meg, hogy hajóhadakat és karavánokat a máskülönben semmi nyom által nem jelzett világtenger és a járhatatlan homoksivatag pusztaságán átkalauzolhat. Csak rövid ideig tartó, de odaadó tanulmánynyal a csillagászatnak sok hasznát fogjuk felfedezni. Nem mondjuk, hogy oly haszon az, melyről első pillantásra kiviláglik, hogy gazdaggá tesz; de mi már túl vagyunk a nehéz munkára utalt társadalom kezdetleges stádiumán, a hol csak az anyagi haladás az, a mire gondolunk és törekszünk.

**A csillagászat alkalmazásai.** — Próbáljuk részletezni, mi-  
ben lehet a csillagászatnak hasznát venni: 1. A *chronológiá-*  
ban régi csaták, királyok uralkodása és más történelmi ese-  
mények vitás évszámának meghatározására és a naptárhoz  
szükséges időegységek pontos megállapítására. Így pl. az ókori  
Assyria chronológiájának legbiztosabb alapjául az a napfogyat-  
kozás szolgál, melyet II. JEROBOAM uralkodása derekán Nini-  
vében figyeltek meg s melyről mai csillagászati számítások  
bebizonyítják, hogy Kr. e. 763 június 15-én történt. 2. A *hajó-*  
*zásban* a csillagászat segítségével juthatni egyik kikötőtől a  
másikba, majdnem veszély nélkül, a mi sok ember életét meg-  
óvja és számos életszükséglet árát leszállítja. A greenwich-i  
nagy nemzeti obszervatórium alapításánál az a különleges  
és gyakorlati czél volt irányadó, hogy a hajózási eszközök-  
nek és módoknak tökéletesítését előmozdítsa. 3. A *geodéziában*  
és *térszíni felmérésben* a csillagászat képesít bennünket a  
Föld alakját és nagyságát meghatározni, a szárazföldek és  
világtengerek pontos térképét elkészíteni, területek és államok  
határait kijelölni. 4. Csak a csillagászat útján lehetséges a  
pontos *időmeghatározás*, mely valóságos szükséglet mindennemű  
életviszonyban, különösen a vasutak menetterveiben. Több  
városban úgy jelzik a pontos delet, hogy messze látható golyót  
ejtenek le magas torony tetejéről. Minden jó zsebórát gond-  
osan összehasonlítanak valamely pontosan járó (talán épen  
csillagvizsgálói) órával, a melynek pontos megigazítása az  
állócsillagok megfigyelése útján történt; — ezek szabatos helyé-  
nek ismerete pedig úgy vált lehetségessé, hogy tömérdek



1. ábra.

A Yerkes obszervatórium; igazgatója GEORGE E. HALE tanár.

csillagász odaadó hűséggel egész életét szentelte az észlelésnek a többszázados multban. Valóban alig túlzott az az állítás, hogy nincsen művelt ember, a kinek kényelmét nem fokozta, kinek életét nem tette becsesebbé, kire legalább közvetve nem hatott a csillagászok munkálkodása, valamint azoké, kik maguk ugyan nem csillagászok, de ezeknek tudo-



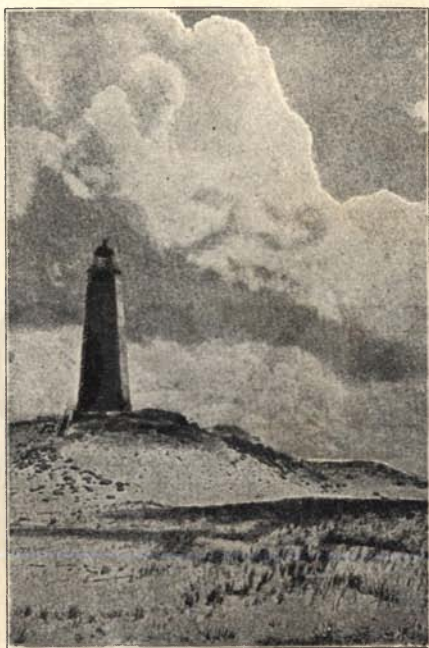
2. ábra.

A newyorki időjelző.

mányos elveit gyakorlatilag, a mindennapi élet viszonyaiban alkalmazzák.

**A nappali ég.** — Különös, hogy nappal mily kevés ember nézi az eget. Pedig e gyönyörű és végtelenül változatos látvány mindenki előtt tárva van, mindenki élvezheti: de talán épen ez az oka annak, hogy oly keveset gondolnak vele. A legszennyesebb városi udvar, a legsilányabb, bérelt darab föld fölött is kéklik egy kis része az égboltnak, messze-messze

minden zajtól és tisztátlanságtól. Nincs oly magas épület, hogy az égnek ezt az adományát teljesen kizárhassa. Az égnek, különösen pedig felhőinek nappali tanulmányozása tulajdonképp a csillagásztól elválasztott *külön tudománynak*, a meteorológiának tárgya. A csodás Napot is, mely nélkül — mint látni fogjuk — nem élhetnénk, nem mozoghatnánk, el



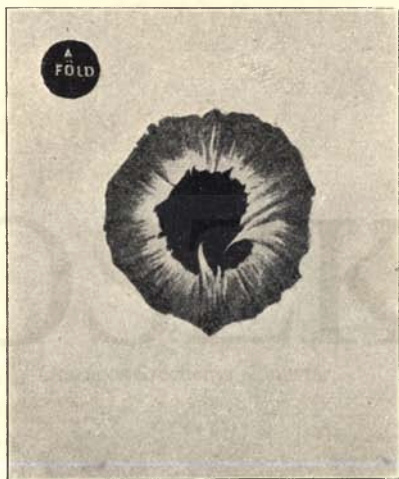
3. ábra.

Nappali felhőzet (HENRY fotográfiája nyomán).

sem lehetnénk, alig nézik másnak, mint magától érthető dolognak. Itt határos a meteorologia azzal a tudománnyal, melyet most kezdünk tárgyalni; mert a jelenkori csillagászat egyik legfőbb tanulmányául tüzte ki a Napot, ennek távolságát, óriási nagyságát, látszólagos mozgását, hatalmas fényének és melegének forrásait, örökké változó foltjait, alkatát, sok izzó gáz-nyulványát, mely széléről kiöltött lángnyelvként tör elő, végre-erélyének változatos alakjait, melyek fáradhatatlanul

kisugároznak a térbe és uralkodóan hatnak a földi élet minden alakjára, valamint nem kevésbé a légkör mindama tüneteire, melyeket az időjárás nevéen foglalunk össze. Sok napfolt nagyobb, mint földgolyónk (így az itt lerajzolt is). A lángnyulványokat, gondosan beállított kitünő eszközök nélkül, csakis napfogyatkozáskor láthatni.

**Az éj csillagai.** — De a mindennapi megszokottság benyomása nagyban módosul, mihelyt alkonyodik és feltűnnek a csillagok, mintegy kibujva nappali rejtekhelyökről. Természetesen



4. ábra.

Középnagyságú napfolt (MOREUX nyomán).

ép úgy ellepik az eget, mikor napfény árasztja el a világot; mindegyik meghatározott helyén ragyog, sőt a fényesebbek messzelátóval nappal is megpillanthatók; de a csillagok gyengébb fénye csak akkor ötlék szemünkbe, ha a nagyobb fényforrás letűnt a szemhatárról, vagy a Hold, közénk és a Nap közé kerülve, teljes napfogyatkozást okoz. IMMANUEL KANT, a nagy német filozofus, azt mondta, hogy két dolog tölti el keblét soha nem szünő tisztelettel, a csillagos ég feje fölött és az erkölcsi törvény lelkében. A legprózaibb kedélyű ember is akaratlanul észreveszi és tisztelettel nézi az éj csillagos eget és ritka egyénben apadt ki annyira a képzelet, hogy a

sötétkéék égbolt, melyen a csillagok ezrei tündöklenek, ne hatna reá. A csillagok kölcsönös helyzete egymáshoz képest látszólag változatlan, ámbár a földi tárgyakhoz viszonyítva folyvást változtatják helyöket. Innen ered az *állócsillag* neve. De ez a kifejezés csak látszólag megfelelő. A való az, hogy valamennyi csillag roppant gyorsasággal futja be a tért, de oly végtelen távol tőlünk, hogy úgy tünnek fel, mintha nyugvók volnának. Ámbár — mint most már tudjuk — épenséggel nem állanak, a régi elnevezés még használatos, mert emberöltők, vagyis



5. ábra.

Az éjjeli ég nagy városban.

csillagászatilag rövid idő alatt a változások oly csekélyek, hogy a fel nem fegyverzett szem nem fedezheti fel őket.

**A fényesebb csillagok száma.** — Régibb időben azt hitték, hogy a csillagok fényes serege megszámlálhatatlan; de bármily meglepőnek tetszik, az egy helyről, az Egyesült Államokban<sup>1</sup> puszta szemmel látható csillagok száma nem haladja meg a két vagy háromezret, sőt ennyit is csak kivételes kedvező éjeken számlálhatni össze távcső nélkül. Átlag véve oly éjjel, melyet derültnek nevezhetni, a rendszeren látható

<sup>1</sup> Vagy nálunk.

szám bármely adott időben inkább kétezren alól marad ; de ez a szám nagyon változó, légkörünknek szintén módosuló viszonyai szerint. Ha valaki az egész éven át számon tartaná mindazokat a csillagokat, melyek az égnek az Egyesült Államok (és Közép-Európa vagy akár hazánk) valamely helyéről egymásután látható részein megpillanthatók, az összes szám körülbelül 4000-re rugna.

**A teleszkópikus csillagok száma.** — Kisebb távcsövet vagy akár csak színházi csövet használva, a látható csillagok számának roppant növekedését tapasztaljuk. Már GALILEI idejében az ő „optikai csöve” senkitől sem gyanított és megszámlálhatatlan csillagsereg létét árulta el, minőt a legelső csillagászok nem is álmodhattak. A mi modern távcsöveinkkel (melyeknél minden valamire való, újabban készülők tárgylencséje nagyság tekintetében tútesz az előbbieken) úgy találjuk, hogy „az ég kék mezeje” legalább 100,000.000 csillagot tartalmaz. De még azon is, a mit e távcsövek mutatnak, túlmennek az ég lefotografozásának köszönhető felfedezések, mert az érzékeny lemez tévedést kizáró módon lerajzolja megszámlálhatatlan millióit az oly csillagoknak, melyeket gyenge fényök miatt még akkor sem vehet észre a szem, ha a rendelkezésünkre álló leghatalmasabb eszközök segítségével él. Egyetlen, az egész égnek csak kis részletét felölelő mezőben, melynek térképe a HARVARD-csillagvizsgáló BRUCE ajándékozta távcsövével (a világ legnagyobb fotografáló eszközével) legújabban készült, nem kevesebb, mint 400,000 csillagot olvastak meg. És ki tudja megmondani, hol ér véget ez a bámulatos sor?

**A csillagképek.** — A fényesebb csillagok nevét és helyét könnyű megjegyezni. Ha bármely csillagfényes éjjel, csak esetleg pillantunk az égre, látnunk kell, hogy a csillagok mindenféle idomot alkotnak (négyszögeket, háromszögeket, félköröket) és a legmerészebb képzeletű csoportosítások végezhetők minden irányban. A régiek ezeket a változatos idomokat isteneikről és hőseikről nevezték el és 48 csoportot különböztettek meg, mindegyiket nagyjában a mesés ARGÓ hajó útjához fűződő eseményekkel jelölve. Ámbár e csillagképek keveset hasonlítanak az emberhez, állathoz vagy tárgyhoz, melynek nevét



6. ábra.

A Tejút 15 Monocerotis (AR =  $6^h 35^m$ , Decl. +  $10^\circ$ ) nevű csillag táján.  
( $3\frac{1}{2}$  órai kinntartással felvette 1894-ben BARNARD.)



7. ábra.

A chicagói egyetem Yerkes csillagvizsgálójának főtávcsöve.

Ezt a nagy távcsövet 1896–97-ben Wisconsin államban, Williams Bay-ben állították fel. A YERKES-obszervatóriumnak főeszköze és körülbelül 125,000 dollárba került. Negyven hüvelykes (120 cmes, a világon legnagyobb) lencséinek üvegét MANTOIS Párisban készítette, ALVAN CLARK és fiai cég pedig Cambridgeportban csiszolta és idomította; a csövet és az egész bonyolult gépezetet, mely arra való, hogy a távcsövet könnyen és szabatosan lehessen kezelni, WARNER és SWASEY készítette Clevelandban.

viselik, mégis könnyű őket megtanulni. Ez tulajdonkép már nem is csillagászat, hanem tisztán égleírás; mindamellett érdekes és népszerű ismeret-ág és gyakran a legnagyobb figyelmet kívánó és legfelelőbb tudományba való mélyebb behatolásra is vezet.

**A Hold.** — Valamennyi égi test közül, csak a meteorokat véve ki, a Hold van legközelebb hozzánk és látzólag körülbelül ép akkora, mint a Nap, a mi azonban két körülmény sajátos találkozásának következménye, mert a Nap, mely 400-szor nagyobb a Holdnál, egyszermind majdnem négyszázszor nagyobb távolságra is van tőlünk. Kisebb távcsővel is rendszeren megláthatjuk a Hold mély kráterjeit és zordon hegycsúcsait, ha Földünk kísérlőjét részben megvilágítja a Nap, ellenben többi része, ez utóbbtól elfordulva, árnyékban van és csak gyengén látható a visszavert napfényben, melyet a Föld vet reá. Társvilágunk kihalt és hideg; levegőjét és vizét majdnem bizonyosan elvesztette, tehát a legragyogóbb napfény legbővebb sugarai sem képesek oda magukban meleget és életet visszaváraszolni.

A Föld és egyéb bolygók szintén sötét felszínűek és csak annyi a fényök és melegök, a mennyit a Nap juttat nekik; de a mi bolygónkat, miként még egynéhányat, lég-



8. ábra.

A Hold (HENRY testvérek fotografiája nyomán).

körrel áldotta meg a gondviselés és ez az ajándék a napfény után a legbecesebb, mert a mi használatunkra összegyűjti és tartogatja azt a hőt, melyet a Nap oly pazarul áraszt reánk.

**A bolygók.** — Ha a csillagos ég gyakori vizsgálata útján kissé megismerkedtünk az este látható csillagképekkel — melyek ugyanazon órában az évszakok szerint változók — észre kell vennünk három vagy négy élénk, de nem pislogó fényű csillagot. Néhány esti vizsgálódás tanúsítja, hogy azok a csillagok körülöttük levő más halványabbakhoz képest lassan-lassan változtatják helyöket. Bolygók (planeták) ők és első pillan-



9. ábra

Jupiter kisebb távesőben.

tásra kiki gondolja és mondja róluk, hogy csillagok; de noha legáltalánosabb kitételekben helyesen is nevezzük csillagoknak, mégis tulajdonképen világok, melyeknek egyike a Föld is, és a Nap körül keringenek, majdnem köralakú pályákon. Miként saját bolygónk, a központi égi testtől kapják fényüket, melyet nagy távolságra visszavetnek. A bolygók és összes holdjaik (más néven satelleseik, kísérőik), valamint a mi Holdunk is, csak másod kézből bocsátanak fényt, mint visszavert napvilágot. Némely bolygó a legtöbb csillagnál jobban ragyog, de csak azért, mert sokkal közelebb van a Naphoz és hozzánk.

**Csillagok és bolygók különbsége.** — Azon kívül, hogy a bolygók észrevehetően változtatják helyöket és visszavert fényben ragyognak, még abban is különböznek az állócsillagoktól,

hogy távcsővel tekintve nagyobbaknak látszanak, mint pusztán szemmel nézve. Ez a csillagoknál sohasem fordul elő. A legtöbb bolygónak megmérhető korongja van, melyet annál inkább látunk nőni, minél hatalmasabb távcsövet használhatunk. Ellenben a csillagok csupán fénylő pontoknak látszanak, melyek erősen ragyognak és véghetetlen távol vannak. Csak fényességük növekedik abban az arányban, a mint mind nagyobb optikai eszközöket alkalmazunk; a legerősebb lencsék sem módosítják e bámulatos távolságú lángoló napoknak látszólagos nagyságát. Továbbá néhány bolygón, ha távcsővel nézzük, fázisokat látunk, különösen Venus, a



10. ábra.

Saturnus bolygó 1894-ben (BARNARD-nak a Lick-csillagvizsgáló távcsövén készített rajza nyomán).

legfényesebb bolygó, alkonyegünknek ez ismert ragyogó csillaga, Holdunknak valamennyi változó alakját tünteti fel: teljes korong, negyed és sarló képében jelentkezik. Saturnus bolygót vékony gyűrű köríti, mint az ábrán látható. Ő sugallta a kialakulás bizonyos folyamatát magyarázó, úgynevezett ködelméletet, mely szerint csillagok, bolygók és ezek holdjai a természeti erők működése következtében kaphatták mai alakjukat.

**Az állócsillagok napok.** — Valamennyi állócsillag olyan nap, mint a mi Napunk; alkotó anyagi elemeik tekintetében is felötlő módon hasonlítanak egymáshoz, mint ezt a spektroszkóp legújabb felfedezései igazolják. Valószínű, hogy azok a napok, melyek oly felfoghatatlan távolságokra vannak tőlünk,

fényt és meleget árasztanak számtalan oly világra, mely nem teljesen elütő ama bolygórendszer világaitól, melyhez a mi Földünk tartozik. De ha ily bolygók vannak, sokkal közelebb vannak központi fényforrásukhoz és sokkal halványabbak, sem-hogy visszavert fényök a mi oly messze levő szemünkbe eljuthasson. A Napnak oly tetemesen nagyobb ragyogását majdnem egészen annak kell betudnunk, hogy aránylag annyira közel vagyunk hozzá. Ha a Föld oly messzire kerülne a Naptól, mint a mennyire a csillagoktól van, egünk uralkodó fényesége oly gyenge jelentéktelenségbe süllyedne, mint bármely közepes csillag.

**A csillagok távolságai.** — A legközelebbi csillag olyan messze van tőlünk, hogy számokban bárminő módon kifejezett távolságát az emberi elme nem tudja felfogni. Ki tud elképzelni 40 milliószor millió kilométert? Pedig ekkora a mi legközelebbi csillagszomszédunk távolsága. Valamint igen nagy különbség van a csillagok között abban, hogy milyen távol vannak tőlünk, akképen igen különfélék egymáshoz való viszonyaik. Valamennyit kibocsátott fénye által látjuk meg; ez a fény nem pillanatnyilag érkezik hozzánk, hanem majdnem elképzelhetetlen, de meghatározott sebességgel. Mialatt sétámenetben átlag kettőt lépünk, a fény oly utat fut be, mely nyolczszor akkora, mintha a Földet körüljárjuk (300,000 km.). Az óriási távolságról, mely a legközelebbi állócsillagot és a Földet elválasztja, következőképen szerezhetünk fogalmat: Üsd fel WEBSTER Nemzetközi Szótárát vagy más hasonló terjedelmű munkát, mely 2000 háromhasábos lapból áll. Olvass, a milyen gyorsan csak tudsz és képzeld, hogy a legközelebbi állócsillagból egy fénysugár épen akkor indult ki, midőn az olvasáshoz kezdted. Mire *egy* lap végéhez jutottál, a csillagfény, a Föld felé sietve, nem kevesebb, mint 160.000,000 kilométernyire haladt. Képzeld, hogy folyton-folyvást olvashatsz, fáradhatatlanul, éjjel-nappal, szakadatlanul, mikép maga a fény száguldoz, — vajjon hány lapot olvasnál el, mire Alfa Centaurinak, a legközelebbi állócsillagnak fénye a Földre érkezik? Addig végig is olvasod a művet, nem egyszer-kétszer, hanem közel százszor. Oly mérhetetlen távolságú ez a legközelebbi csillag, hogy a meglevők sorából ebben a pillanatban kitörölve,

még több, mint három évig ragyogni látszanék előbbi megszokott helyén. És más csillagok, melyeknek távolságát szintén kimérték, százszorosan messzebb vannak.

**A hullócsillagok és üstökösök.** — Nagyon gyakori égi látványosság, főleg április, augusztus és november hónapokban a gyorsan hulló meteorok raja. Átvillannak az égen és úgy látszik, mintha elenyésznének a sötétségben, a honnan mint tűzszikrák pattantak a csillaglepte égboltozatra. Ritka esetben valamely meteortöredék a Föld színére hull és sok ezer ilyen példányt őriznek Bécs, London, Páris, Washington és más tudományos központok meteorkő-gyűjteményeiben. Ezeknek egy része vasból, más része kőből áll. Sokkal kevésbé közönséges látvány, mint a hullócsillagok esése, a fenségteljes üstökös megjelenése, mely hosszú és kecses hajlású csóvájával az égen sok foknyi terjedelemben végig söpör, némelykor hetekig, de olykor hónapokon keresztül. Ezeket a kóbor látogatókat is majd a maga helyén tanulmány tárgyává kell tennünk.

**Összefoglalás.** — Tudjuk, hogy a csillagok napok; a mi Napunk is azok egyike, nagyobbak látszik, mert sokkal közelebb van hozzánk, és magával ragadja a végtelen ürrön át a mi Földünket és bolygótársait holdjaikkal; a csillagok mind nagy sebességgel mozognak a térben, bár oly óriási távolságban vannak tőlünk, hogy majdnem nyugvóknak látszanak; a meteorok és üstökösök felvillannak égboltozatunkon; az előbbiek légkörünkkel való egyszeri, szikrázó összeütközés után elenyésznek, míg az üstökösök ismeretes és szabályos pályában, ösvényen haladnak és némelyikök előre jósolható időközökben ismét szemünk elé kerül.



11. ábra.

Az 1858-iki DONATI-féle üstökös.

**Tömegvonzás.** — A tömegvonzásnak nevezett hatalmas erő tartja együtt mindezeket a pördülő, száguldó, tüzesedő vagy fehérizzó, esetleg hideg és kihalt testeket, hogy ösvényeikben maradvá, el ne tévelyegjenek az űrben; és lassankint az emberi türelem, éles elme és lángész rájött számos, e testeket irányító törvényre, gazdagította tudásunkat sokféle reájok vonatkozó ténynyel, úgy, hogy ismerjük súlyukat és távolságaikat, méreteiket és mozgásaikat, sőt még az elemeket is, melyekből össze vannak téve. Felületük alakulását, mely a távcső és a fotografus kamrája segítségével tárult fel, bőven fogjuk még tárgyalni. De talán a legmeglepőbb tény az egész csillagászatban a soha nem tévedő szabatosság, melylyel az égi testek a világtérben ama nagy vonzási törvényhez alkalmazkodva mozognak, melynek érvényesülése arra képesít bennünket, hogy száz és száz esztendővel előbb nagy pontossággal megjósolhatjuk, a csillagos égnek milyen helyén lesznek a bolygók és mely órában, perczen és másodperczen fog bekövetkezni nap- vagy holdfogyatkozás. És a mint e könyv fejezetein végig haladunk, részben ki fog bontakozni az az ismeret, melyet a csillagászok századokon át folytatott gondos buvárkodással szereztek.

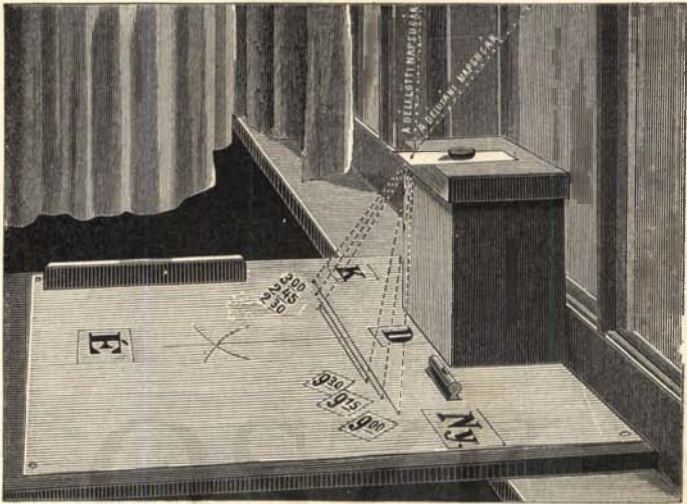
## II. FEJEZET.

### A CSILLAGÁSZAT NYELVE.

A csillagászat legegyszerűbb igazságait sem értheti meg senki, ha előbb meg nem tanulja a szabatos nyelvet, melyet a csillagászok használnak. Kezdetben e nyelvnek csak néhány kifejezésére lesz szükség; ezeket is lehetőleg megvilágítjuk és fogalmat fogunk adni róluk közönséges tárgyak és egyszerű folyamatok segítségével. Először a négy főirányról legyen szó: kelet, észak, nyugat és dél, — oly kifejezések, melyek már az ókor óta használatosak.

**A világtájak meghatározása.** — Minden finom hegyben végződő tárgy, mely szilárd alapra van helyezve, gnomonként használható a világtájak meghatározására. De a következő módszer előnyösebben alkalmazható. Gondosan vízszintezett deszkát vagy asztalt úgy állítunk fel, hogy a napfény akadálytalanul érje körülbelül reggel kilencz órától délutáni három óráig. Az asztal jó erősen álljon. A Nap felé fordított oldalához közel, körülbelül 20 ccentiméter magasságban kártyalapot erősítünk meg, melybe finom tühegygyel lyukat szúrunk. Az asztalon a Napnak piczi tojásdad képe keletkezik, melynek helyét meg kell jelölni kilencz órakor, egy negyed órával később és féltizkor, úgyszintén délután  $2\frac{1}{2}$ , háromnegyed három és később három órakor. Az elv, mely itt alkalmazásba kerül, ugyanaz, mint ANAXIMANDER gnomonjánál, lehető egyszerű alakban. Különös gond fordítandó arra, hogy a megjelölt síklap, akár papiros, akár deszka az, időközben

ki ne mozduljon helyéből. Húzzunk rajta három, a megjelölt helyeket összekötő egyenes vonalat, mint a mellékelt ábrán látható; a 9 óraker jelzett pontot a három óraival kössük

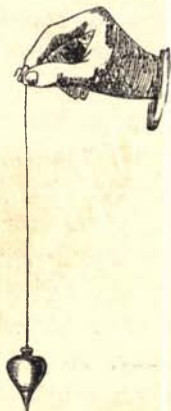


12. ábra.

Az északpont közelítő meghatározása.

össze; a második egyenes a  $9\frac{1}{4}$  és  $2\frac{3}{4}$ , a harmadik a  $9\frac{1}{2}$  és  $2\frac{1}{2}$  óraker megjelölt pontok között húzandó. Ez a három

egyenes közel párvonalos lesz és közelítőleg kijelöli a kelet-nyugati irányt; a keleti végpontok azok, melyek 'délutáni' jelzésűek. Három pont-pár czélszerűbb, mint egy, mert a délutáni megfigyelések egyikét esetleg felhő zavarhatná; továbbá három vonalnak közép-irányát vehetjük, a mi pontosabban adja az igaz kelet-nyugati irányt, mint egyetlen egy vonal. Egyszerű, rajzunkban is látható geometriai szerkesztéssel húzzunk merőlegest a talált középírányra; ez a merőleges adja majd az észak déli irányt; észak, ha arczczal nyugatnak fordulunk, jobbkéz felé esik. Ha a kapott két egyenest vég nélkül meghosszab-



13. ábra.

A függő.

bitva képzeljük, kijelöljük a négy főpontot, ú. m. a kelet-, észak-, nyugat- és dél-pontot is.

**A függőleges, a zenit és nadir.** — Bármely súlyos tárgyat finom szállal erős támaszhoz kötünk és várunk, míg nyugalomba jő. Húzzuk ez állásából egyik vagy másik irányban félre és hagyjuk szabadon lengeni. Ilyen lengésbe hozható tárgy neve: inga. A nehézség az az erő, melynek hatása következtében az inga egyensúlyi helyzetébe visszatér, azon túlmege és tovább leng. Később látni fogjuk, hogy ugyanez az erő okozza a testeknek a Föld felé való esését és hogy



14. ábra.

A tulajdonképeni szemhatár síkja átmetszi a hegyeket.

ugyancsak ez erő tartja vissza kísérőnket, a Holdat havi pályáján, melyet körülünk bejár. Sokszori ide-oda lengés után az inga nyugalomba jő; és ez sokkal hamarabb következik be, ha az inga súlya vagy lenséje egy alája helyezett medence vizébe merül. Oly inga, melynek lengése megállt, függőnek tekinthető. Képzeljük a felfüggesztő zsinórt az égitől és lefelé, a Földön keresztül vég nélkül meghosszabbítva. Az a pont fejjünk felett, a hol a függő iránya az égboltot metszi, a *zenit* (tetőpont), az ellenkező pontnak neve *nadir* (talppont).

**A látható horizon vagy szemhatár.** — Ha felfelé tekintünk, olyannak látjuk az eget, mintha nagy félgömb belseje boltozódna fejjünk felett. Az égboltozat csak közelítőleg félgömb-alakú; a legtöbb szemlélő úgy találja, hogy éppen feje felett kisebb a

távolság. A közönséges belföldi tájakon úgy tetszik, mintha ég és Föld szabálytalan, megtört vonalban találkoznának. Ezt a vonalat nevezzük látható horizontnak vagy röviden szemhatárnak. Majdnem minden pontja, oly helyeken is, melyek nem épen hegyi vidékek, rendszerint a szem szintjénél tetemesen magasabb fekvésű. Városokban a körülöttünk levő épületek, a park fái, a templomok tornyai meredeznek ég felé, szabad kilátásunk akadályául, és minthogy e tárgyak nagyon közel vannak, lehetetlenné teszik, hogy az eget épen a szem szintjének magasságában vizsgáljuk. Vidéki helyen, teszem Massachusettsben és általában sík, élénk ipart űző vidéken, nem mindig könnyű, ha csak nagy magasságra nem emelkedünk, az akadályokat, melyek a látható szemhatárt alkotják, kikerülni, és a tulajdonképeni szemhatár rendesen mélyen, mindazok alatt van. Aránylag közel levő tárgyak, mint házak, elevátorok, templomtornyok, erdők vagy hegyek szabálytalan görbéket és megtört vonalakat alkotnak, melyek a kilátást mindenfelé korlátozzák. Az így képződő körvonal alkotja az észlelőnek helyi vagy látható szemhatárát.

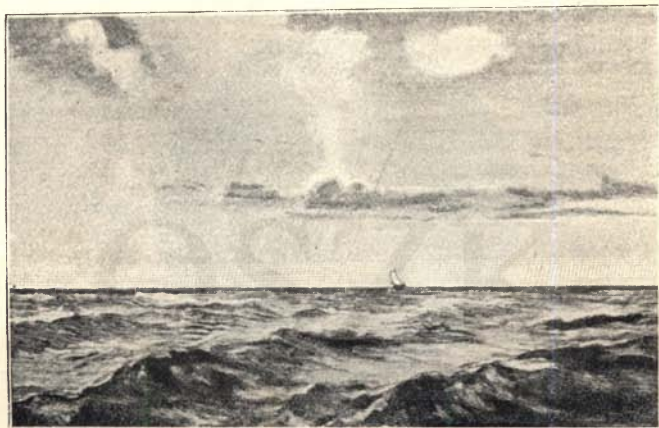
**A látszó horizon.** — A tenger felszínén vagy valamely nagy kiterjedésű síkságon, prairien<sup>1</sup> úgy tetszik, mintha az égboltozat a Földdel körülbelül 10 kilométernyi átmérőjű és majdnem tökéletes körvonalban találkoznék. Teszem Bostonban, ha gőzhajón Nahant felé haladunk, ez elég rövid kiránduláson már találunk oly helyet, hol az egyik oldalon a tökéletes tengeri szemhatárt semmi sem szakítja meg.<sup>2</sup> New-Yorkban ugyanily módunk van, ha gőzhajón Far-Rockaway vagy Long-Branchba rándulunk. Chicagóban már szabad választás szerint többféle módon, egész teljességében áttekinthetjük a látszó szemhatárt. Ha bármely irány felé kocsikázunk — pl. Evanstonba — látunk messzeterjedő prairieket, melyek minden oldalon az éggel látszanak ölelkezni; nagy távolságban a Michigan-tó olyan benyomást tesz a nézőre, mintha tenger volna előtte; esetleg felmegyünk az Auditorium-torony tete-

<sup>1</sup> És a mi Alföldünkön

*R.*

<sup>2</sup> A fiume—abbaziai rövid úton délnek, vagy a Balaton hosszanti tengelye mentén nézve szintén láthatjuk e határvonal egy részét. *R.*

jére és ha köd nem akadályozza a kilátást, a messze terjedő látszó horizon tárul elénkbe. Gyakorlatilag úgy vehető, hogy e körben fekszik a négy világpont. Képzeljünk oly sikot, mely e négy ponton átmegy. A nézőnek szemén is át kell mennie és a dolog lényegét tekintve, e sik lesz a látszó horizon, mert csak csekély szöveget hanyagolunk el, a szemhatár süppedését. (E kifejezést, mely a hajózásban használatos, egy későbbi fejezetben meg fogjuk magyarázni). Kis darab kártyapapiroson húzzunk két egymásra merőleges egyenest, egyet mindenestre



15. ábra.

A szemhatár a tengeren.

a lap közepe táján. Az utóbbi egyenes vonalnak végpontjai felé átszúrjuk a lapot és a lyukakon czérnafonalat húzzunk át. A fonal egyik végét valamely szilárd tárgyhoz erősítjük és másik végére néhány kilogrammnyi súlyt függesztünk. A mint ez az inga nyugalomba jött, ebben a helyzetben alsó részén gondosan megerősítjük és feszesen kihúzzuk. Azután körülpertitjük a kártyalapot; ekkor az erre rajzolt második vonal minden helyzetében a látszó horizon irányát fogja mutatni.

A tulajdonképeni horizon az a sik, mely a megfigyelési ponton átmenve, a függőleges vonalra merőleges. Ha csupán *horizonról* beszélünk, a tulajdonképi horizontot kell érteni. Ez

fontos alapsík, melyre csillagászati mérésekben gyakori vonatkozás történik.

**A földgömb.** A gömb oly test, melynek felületén minden pont egy és ugyanazon távolságban van a belül fekvő úgynevezett középponttól. A Föld alakja nagyjában gömb; ezért — mint látni fogjuk — azok az irányok, melyek az észak, dél, kelet és nyugat pontokat jelölik, végtelenségig a térben folytatva, csak bizonyos helyre, illetőleg megfigyelési pontra



16. ábra.

Ellenlábások kelet és nyugat iránya ugyanaz.

vonatkozva igazak. Ez onnan van, mert gömb felületén állunk; mihelyt tehát helyzetünket változtatjuk, a zenit és szemhatár és a világtájak rendszere is megváltozik. *Lefelé* mindig annyit jelent, mint a gömb középpontja felé; ha tehát a függő vonalát lefelé a Földön keresztül meghosszabbítva képzeljük, ellenlábásainknál egybeesik a *felfelé* menő iránynyal. Ha a gömb túlsó oldalára megyünk, hol a hosszúság 180 fokkal különbözik, nyilvánvaló, hogy az a két irány, melyet mindkét egymástól oly távol fekvő helyen egyaránt keletinek mondunk, a térnek épen ellenkező két pontja felé mutat. Az a folytonos vonal tehát, melylyel állandó irányt akarunk jelölni,

csak folytonos görbületű lehet, a Föld felszínének megfelelőleg. Az a sík, mely a tulajdonképeni horizonttal párvonalosan haladva a Föld középpontján megy át, az úgynevezett *valódi horizont*.

**Az éggömb.** — Szóltunk már az ég félgömbjéről vagy boltozatáról. A geometriából nyilvánvaló dolog, hogy a látszó horizont fölött levő félgömbnek okvetetlenül megfelel egy, amaz alatt fekvő megfordított félgömb. Az a magában teljes és szabályos idom, melyet a két félgömb együttvéve alkot, az *éggömb* nevét viseli. Ennek belső felületén látszólag összevissza el vannak szórva: a Nap, a Hold és az összes csillagok. Egyelőre semmit sem törődünk az égi testek távolságával. Valamennyi úgy tűnik fel, mintha ez a távolság egyforma volna és a szem magában, segítség nélkül nem is képes hozzávetni, hogy mekkora a távolság. De eszünkbe jut, hogy mégis lehet nagy eltérés a távolságokban, ép úgy, mint a kikötőben lévő hajókon, melyeken nem egyforma nagyságú fényjeleket látunk, vagy az éjjeli jelzőlámpákon, melyek a vasút egyenes vonalrészén mentén valamely nagy városban belül vagy ahhoz közel szemünkbe ötlenek. Mindkét esetben sötét éjszakákban a nem eléggé tapasztalt néző alig talál valami biztos támaszpontot, ha meg akarja ítélni, hogy a lámpák milyen messze vannak tőle s milyen a helyzetük egymáshoz képest.

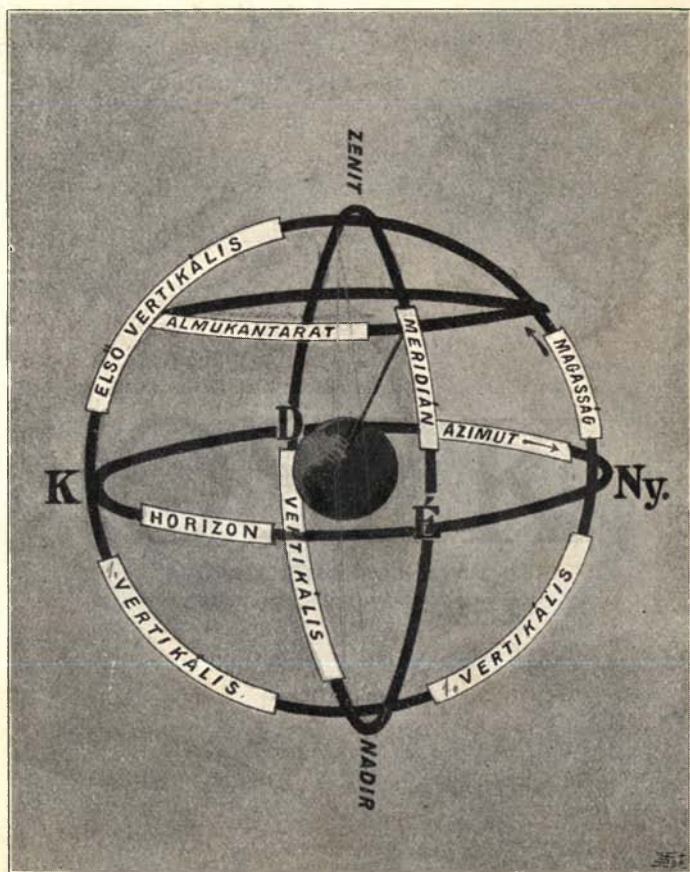
**Az éggömb tulajdonságai.** — Az éggömbnek elképzelhetetlen terjedelme mellett is, a geometriai gömbnek minden tulajdonsága megvan. Minden, felületén levő pont egyforma távolságban van a belsejében levő középponttól (ez az a pont, melyen az észlelő áll); minden, a középponton át fektetett sík egyenlő nagyságú körökben metszi a felületet. Ezek az úgynevezett *legnagyobb körök*. Minden más kör, mely a gömböt metszi, de a középponton nem megy át, kisebb köröket metsz ki a felületen. Nyilván annyi nagyobb és annyi kisebb kör képzelhető bármely gömbfelületen, a mennyi csak kell. Az éggömbön a hozzátartozó pontokkal, vonalakkal és ívekkel együtt három körrendszer használatos, ú. m.

- A) a horizont rendszere,
- B) az egyenlítő rendszere,
- C) az ekliptika rendszere.

A) **A horizon rendszere.** — A négy főponton áthaladó legnagyobb kör neve — mint említve volt — *horizon*. Erre van alapítva az éggömb köreinek oly rendszere, melyet sűrűn használnak a csillagászati leírásokban és mérésekben. Az észlelő álláspontján át fektetett minden függőleges sík az éggömböt oly legnagyobb körben metszi, melynek neve *függőleges*, vagy *tetőkör* (vertikális kör). Világos, hogy tetszés szerinti számú tetőkört képzelhetünk vagy rajzolhatunk. Az összes tetőköröknek közös átmetszési vonala, a függő meghosszabbítása, a zenitet és nadirt összeköti. Két tetőkör különösen gyakran fordul elő és saját nevet kapott: először is a horizon észak- és délpontján átmenő tetőkör neve *délkör* (meridián); másodsor a délkör <sup>sík</sup> ~~sík~~ <sup>jával</sup> derékszöget alkotó tetőkört, mely a kelet- és nyugatponton megy át, *első tetőkör*-nek nevezik. Minden, a gömböt átmetsző, a horizzonnal párvonalas és ennél kisebb körnek neve *almukantarát* (vagy az imutális kör). Világos, hogy az almukantarátok száma határtalan; az ég minden csillagán keresztül képzelhetünk külön-külön egyet. Minél közelebb van a csillag a zenithez, annál kisebb az almukantarátja, épen úgy, mint a földrajzi szélesség párvonalas körei a Földön annál kisebbek, minél közelebb jutunk a sarkhoz. Három egymást merőlegesen metszően összekötözött vagy szegezett abroncs, mint az ábrán látható, igen jól elénk állítja a horizont, délkört és első tetőkört; egy sokkal kisebb abroncs (a felső részhez közel) az almukantarátot ábrázolhatja. Ily kézzel fogható mintára sok embernek szüksége van, hogy kellő fogalmat szerezzen az éggömb elvont köreiről. Lényegében az ily minta a régiek csillagászati eszközével, az armillaris sphaerával azonos.

**A horizon rendszere helyről-helyre változó.** — A *horizon*, *délkör*, *első tetőkör* és *almukantarát* kifejezések rendszerint azokat a köröket jelentik, melyekben az illető síkok az éggömböt metszik. Azonban gyakran ugyanezek a kifejezések, egészen helyesen, magoknak a síkoknak jelölésére szolgálnak. Úgy kell érteni mind a négy kifejezést, hogy ugyanazon észlelőre vonatkoznak, bárhol álljon is a földfelületen. Ha megmarad ezen a helyen, vagy, ha egyetlen műszerrel ellátott megfigyelő helyisége van, horizonsíkja, délköre a többi kap-

csolatos körökkel, síkokkal és pontokkal egyetemben állandó és határozott helyzetű, még pedig magához az észlelőhöz viszonyítva. Képzelt síkokról és körökről van szó, melyeket

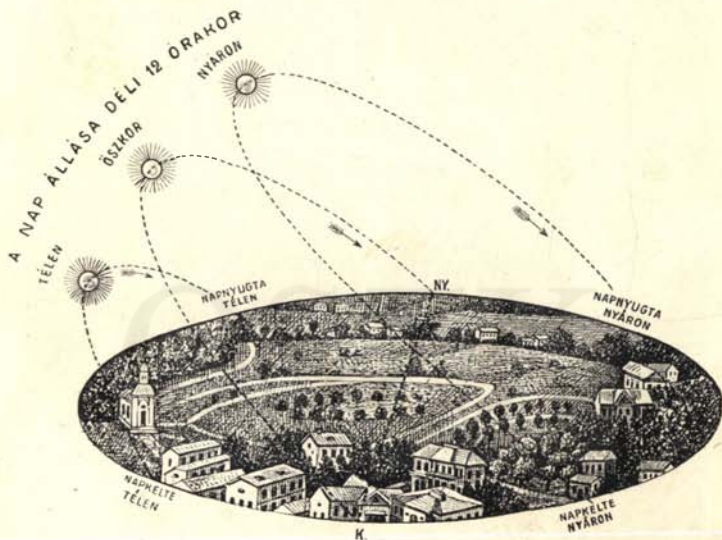


17. ábra.

A horizon rendszerének főkörei.

az észlelő mindig magával visz, akárhová megy. A mely pillanatban más helyiséget foglalt el, bár csak pár méternyire fekvőt is, ezzel az égi körök egész hálózatát vagy rendszerét is megváltoztatta. Az eltérés kicsiny ugyan, de a mai csillagász műszerei és módszerei elegendők megmérésére.

**Napi mozgás és nappali iv.** — A Nap, Hold és csillagok, midőn mindennapi mozgásukat végzik, látszólag áthaladnak ama síkokon, még pedig különböző irányokban, különböző szögek alatt és különböző sebességekkel. Néhány napi megfigyelés ezt megmutatja. Azok a helyváltozások a napi mozgás nevéen ismeretesek. Vigyázzuk meg, mily pontban kel és nyugszik a Nap; szeptember vagy márczius második felében úgy



18. ábra.

Napfordulatkor a Nap legmagasabbra emelkedik és napi ive leghosszabb.

találjuk, hogy e pontok épen a kelet- és nyugat-ponttal azonosak. A mint dél felé halad az idő, az Egyesült Államok <sup>1</sup> szélessége alatt úgy találjuk, hogy a Nap, mely a mondott időtájban a délkörön halad át, nem felfelé vette útját, az első tetőkör mentében, hanem ferde irányban dél felé, mint a rajzban látható. Az utak, melyeket a Nap különböző évszakokban bejár, mind párvonalas síkokban vannak. A legmagasabb pontot akkor éri el, mikor a délkörbe jut és ekkor azt mondják róla,

<sup>1</sup> És hazánk.

hogy *delel* (kulminál). Mialatt lejjebb száll, oly ívet ír le, mely majdnem pontosan tükörképe a délelőtti ösvénynek. A Napnak látszólagos útvonala, melyen nappal fölkeléstől lenyugtáig halad, a *nappali ív* s bármelyik, a horizon és a délkör között levő fele a *fél napi ív*. Hasonló módon kell megfigyelnünk a Holdat is.

Ez talán épen a keletponttól jóval északra kel. Vigyázzuk meg, a mint a délkör felé emelkedik. E síkba a zenittől csak néhány fokkal délre ér és aztán nappali ívének nyugati felét járja, míg végre lenyugoszik, még pedig az igazi nyugatponttól oly messze északra, mint a mily távolban az igazi keletponttól felkelt volt. Válaszszunk ki igen fénylő csillagokat az ég más részeiben, úgy északra, mint délre a Naptól és Holdtól és ügyeljünk, hol kelnek, nyugosznak és delelnek. Ekkor a *nappali ív* nyilván csak arra az időtartamra vonatkozhatik, melyet valamely égi test a horizon fölött tölt; és ez az időtartam (a Nap kivételével bármely égi test esetében), meglehet, részben igazán nappal, részben azonban éjjel telik le, vagy épenséggel egészen éj idejére esik. Például, figyeljük meg délkelet felé valamely fénylő csillag felkeltét. Mily lassúsággal látszik elhagyni a szemhatárt. Jegyezzük meg, mily csekély az emelkedése, midőn a délkört éri és milyen ívben száll alá délnyugat felé. Szemmel látható, hogy nappali íve igen rövid; mindössze sem tartózkodott hét vagy nyolcz óránál tovább a horizon fölött.

**Fejünk felett levő csillag napi mozgása.** — Most olyan fénylő csillagot válaszszunk, mely majdnem fejünk fölött van. Szeptember hónap legelső estéinek folyamában e helyzete van az Egyesült Államokban *Vegá*-nak<sup>1</sup> (Alfa Lyrae). Midőn leszálóban van nyugat felé, úgy látszik, mintha útja igen hirtelen észak felé görbülne; és midőn az északnyugati horizon felé közeledik, látszólag mindkevésbé gyorsan fog leáldozni, miközben mindjobban észak felé mozog. Végtére eltűnik, még pedig néhány fokkal<sup>2</sup> nyugatra az igazi északponttól. Arra, hogy ezt az utat a délkörtől az északi horizonhoz megtegye, mintegy

<sup>1</sup> Hazánkban is este 8 óra tájban.

<sup>2</sup> Nálunk 22<sup>o</sup>-kal.

10 vagy 11 órára van szüksége; és minthogy hasonló, 10 vagy 11 órát kívánó iv a délkör és a keleti horizon között is van, nyilvánvaló dolog, hogy ily csillag nappali ive 20 vagy 22 órai időtartamot kíván.

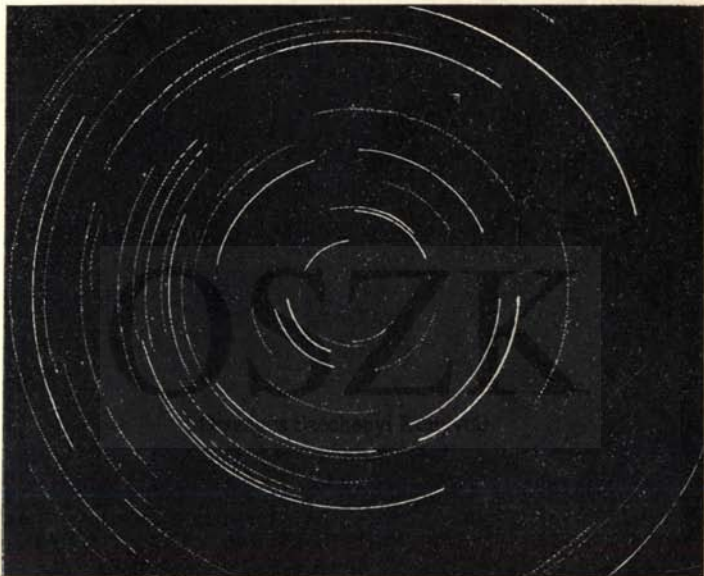
**A sarkkörüli csillag napi mozgása.** — Azután még tovább északra, de a délkör közelében fekvő csillagot válaszszunk ki és kísérvük mozgását bíráló szemmel. Nagyon megjegyzésre méltó tény, hogy a délkörtől sokkal kisebb gyorsasággal távozik, mint az imént észlelt csillag. Nem tér ki annyira nyugat felé és körülbelül hat óra után ismét észak felé kezd hátrálni. Most, ha a nappali világosság mellett is követhetnők, még hat órával később, vagyis 12 órával azután, hogy először néztük, majdnem egyenesen északon volna látható és még mindig jókora magasságban a horizon felett. Magát a horizon síkját sohasem éri el. Azután folytatja hátrafelé irányuló mozgását nyugatról kelet felé, a horizontól eleinte igen lassan emelkedik és a délkörtől keletre ép annyira tér ki, a mekkora előbb megfigyelt nyugoti eltérése volt. Az első észlelés után számított 24 óra elteltével a csillagot közel első helyzetében látjuk, mint bármely más csillagot, és ekkor már egész kis kört irt le az éggömbön. Ez egész mozgás alatt pedig látható lett volna, ha a Nap sokkal hatalmasabb fénye túl nem sugározza.

**A Sarkcsillag.** — Ha még jobban északra fekvő csillagot választunk, úgy találjuk, hogy az még kisebb kört irt le az éggömbön. Ez az észlelgető módszer már magában módot nyújt arra, hogy néhány éjszakai megfigyelés útján kijelölhessük azt a csillagot, mely a legeslegkisebb kört írja le. Ez a fényes *Stella polaris*, a *Sarkcsillag*, mely a Nap és Hold után a legfontosabb égi test. Az Egyesült Államokban,<sup>1</sup> ha felhőtlen az ég, mindenhol látható, nemcsak éjjel, hanem — messzelátó segítségével — nappal is. Azon kicsiny körnek középpontja, melyet a Sarkcsillag 24 óra alatt látszólag leír, az égnek északi sarka. E sark a többi csillagok napi útjának is középpontja.

**Az ég sarkának megkeresése.** — A fotografáló készüléket mindenekelőtt állítsuk be élesen valamely nagyon távoli tárgyra

<sup>1</sup> És egész Európában,

és helyezzük a délkörbe. Erősítsük meg oly állásban, hogy lencséje északra és felfelé körülbelül 45 foknyi szöggel irányuljon. A mint feltűnnek a csillagok és beállt a teljes sötétség, vegyük le a lencse fedőjét és tegyük ki a fény behatásának, a meddig szükséges, esetleg hajnal hasadtáig. Ha előhívtuk a képet, valami olyat fogunk látni, mint ábránkon, azaz egyközepű körök sorát, mely körök között a legkisebbik



19. ábra.

Északi sarkkörüli csillagok fotografiai nyoma (5 órai kinntartással BARNARD nyomán).

és legfényesebb a Sarkcsillagé. A csillagutak fotografiai szakaszos vonalak, ha időközben fellegek takarták a csillagot. Valamennyi körívnek középpontja az égi sark, mely mindig az észlelő délkörében van; vagy még helyesebben mondjuk úgy, hogy a délkör az a függőleges kör, mely az ég sarkpontján átmegy. Ha a kamarát az egyenlítő közelében állítjuk fel, a csillagnyomok egyenes vonalak, mint másik rajzunk mutatja.

B) **Az egyenlítő rendszere.** — Az éggömbi síkok és körök másik rendszerének sarkalatos pontja az északi sark, épen úgy, mint a zenit a legfőbb pont a horizon rendszerében. Képzeljük e vízszintes rendszert síkjaival és köreivel (horizon, első tetőkör, délkör és almukantarát), mint golyóvázat az égbolton. Képzeljük továbbá, hogy e golyóváz a kelet- és nyugat-ponton átmenő tengely körül foroghat. Most a zenitet a délkör mentében mozdítsuk el észak felé, a míg az északi sarkkal összeesik. Ennek következtében a horizon délpontja a délkör



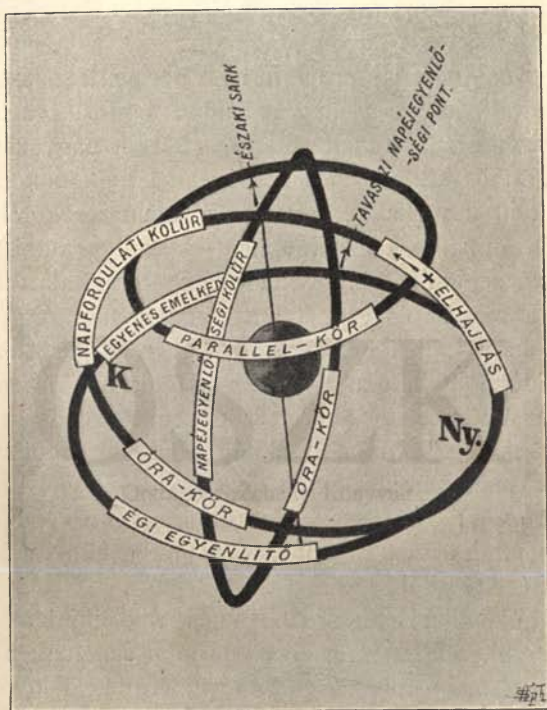
20. ábra.

Az Orion csillagok fotografiai nyoma (1 órai kinntartással BARNARD nyomán).

mentében akkora szögnyi utat tesz, a mekkora a zenitnek az északi sarktól való távolsága. Hasonlóképen a horizon észak-pontja ugyanekkora ívben a horizon alá merül. Az éggömb körei és síkjai ez új helyzetben új értelmezésre várnak. Az előbbi zenit most az ég északi sarka. A horizonból égi egyenlítő (aequator) lett, melynek minden pontja a sarktól 90 foknyira van, valamint a horizon is mindenütt 90 foknyira van a zenittől. Az előbbi függőleges körök most a sarkokban találkoznak, a déli sark a horizon alatt van, épen annyira, mint az északi a horizon felett. Ebben a helyzetben függőleges körök

helyett már az éggömb délköréről (meridian) vagy *óráköréről* (declinatiókör) szólnak. Megfelelnek a földgolyó délkörének, melyek síkjainak meghosszabbítását alkotják. A mi az *A*) rendszerben almukantarát, az a *B*) rendszerben a parallelkör.

**A kolúrok.** — Nyilvánvaló, hogy órákört az ég bármely



21. ábra.

Az egyenlítő rendszerének főbb körei.

csillagán át húzhatni. Az órákörök között van kettő, egymással derékszöget alkotó, melynek külön nevet adtak; e körök megfelelnek az első vagy horizon rendszerben előforduló első tetőkörnek és délkörnek; az egyiknek neve *napéjegyenlőségi* (aequinoctialis) *kolúr*, a másiké *napfordulati* (solstitialis) *kolúr*. Az egyenlítő, a két kolúr és valamennyi más órákör iránya majdnem állandó, helyzetök a csillagok között ugyanaz,

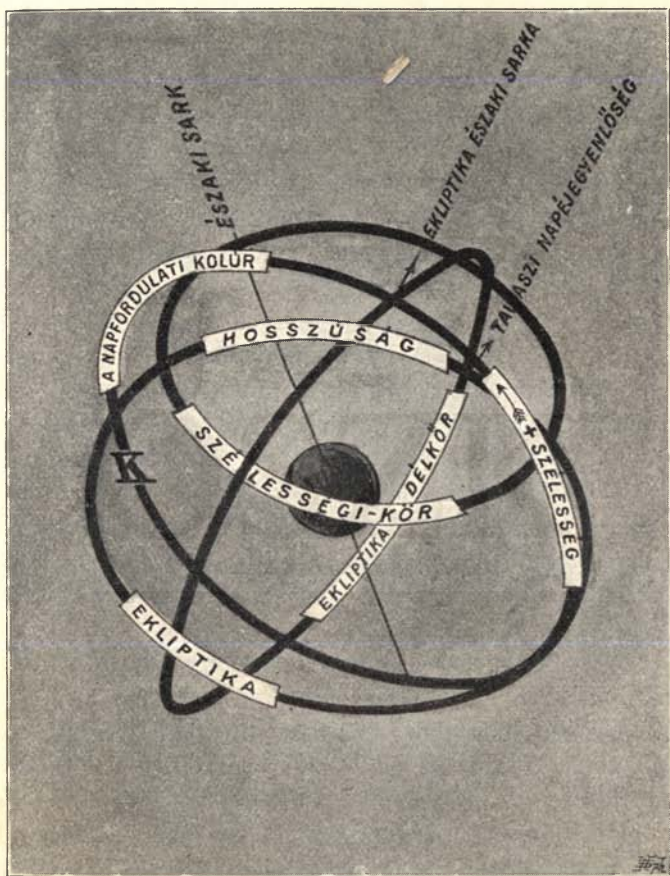
valamint az első tetőkör és a délkör valamely határozott helyen a környezethez képest változatlan. Az északi sarknak, az égi egyenlítőnek és kolúrijainak abszolút helyzetét a csillagok között bármely időben meghatározhatjuk; később tárgyalni fogjuk, mely csillagászati módszerek szolgálnak erre. — Czélszerű az egyenlítőről és kolúrokról is határozott képet alkotni három abroncs segítségével, mint a horizon rendszerénél említettük.

### **Az egyenlítő rendszere elforog a horizon rendszere felett.**

— Már láttuk, hogy a csillagok, midőn napi mozgásukat végzik, a horizon rendszerének síkjain és körein nagyon különféle szögek alatt és különböző sebességekkel haladnak keresztül; ebből önként következik, hogy az új rendszer körei mintegy oda lévén erősítve a csillagokhoz — az egyenlítői rendszert úgy kell képzelnünk, mintha körei az egész idő alatt a horizonrendszer körein át és ezek fölött elsiklanának. A gömbi csillagászat az a tudomány, mely a két rendszer között levő vonatkozásokat behatóan tárgyalja és főleg azt vizsgálja, hogy a horizon rendszerének körei az egyenlítő rendszer köreivel milyen szögeket alkotnak. Az ekkép felmerülő problémák megoldását a matematika egyik ága nyújtja, melynek *gömbháromszögtan* a neve és melynek segítségével a gömb felületén leírt háromszög összes részeit kiszámítjuk néhány, műszereinkkel megmért részből.

C) **Az ekliptika rendszere.** — Az éggömb síkjainak és köreinek harmadik rendszere, melyet sűrűn használnak a csillagászatban, legczélszerűbben ezen a helyen értelmezhető és magyarázható, mert természetszerűen és nehézség nélkül következik a horizon és egyenlítő rendszereiből. Könnyen elgondolhatjuk, milyen összefüggésben van a többi rendszerrel, ha visszaemlékezünk, hogy mily módon származtattuk az egyenlítő rendszerét a horizon rendszeréből; ugyanis a kelet-nyugat pontokon átmenő tengely körül addig forgattuk a horizonrendszer golyóvázát, míg a zenit az ég északi sarkává nem lett. Már most képzeljük, hogy a tengelyvégek az egyenlítőrendszerben azok az egymással szemközt levő pontok, a hol az egyenlítő metszi a délkört. Forgassuk el az északi sarkot  $23\frac{1}{2}$  foknyira nyugat felé. Ekkor az egyenlítő oly helyzetben lesz, mely

előbbi helyzetével  $23\frac{1}{2}$  foknyi szöget alkot. Egy szóval ekliptikává lett és ez új vonatkozásában az éggömbnek majdnem minden elemét újból kell értelmeznünk. Jó lesz abroncsok-



22. ábra.

Az ekliptikai rendszer főbb körei.

ból egy harmadik rendszert összeállítani, mint a rajz mutatja. Az *ekliptika*, mint nemsokára látni fogjuk, az a pálya, melyen a Nap látszólag az egész égboltozatot körüljárja egy év alatt. a mi egészen másnemű mozgás, mint az, a mely most vizsgálatunk tárgya.

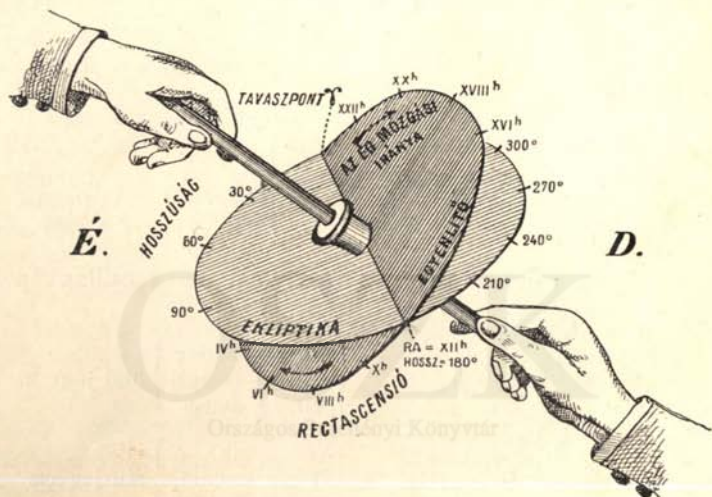
**Szélességi parallelák, napéjegyenlőségi és napfordulati pontok.** — A mi előbb az ég északi sarka volt, az az ekliptikai rendszerben az ekliptikának északi sarkává lett. Most, mint mondtuk, az egyenlítő maga az ekliptika. A horizon rendszerének függőleges körei és az egyenlítői rendszer délkörei most *ekliptikai meridiánok* vagy *hosszúsági körök*. Mikép az almukantaratok egyenlítői parallelákká lettek, úgy keletkeznek most ezekből ekliptikai parallelák, a *szélességi körök*. Az egyenlítő forgástengelyének felső végpontja a *tavaszpont*, a szemben fekvő, 180 foknyira levő végpont az *őszpont*. Ez a két átmérőn szemben fekvő pont a két *napéjegyenlőségi pont* (aequinocium). Ezek egyszerűen azok a pontok, a melyekben az egyenlítő és az ekliptika egymást metszi. A napéjegyenlőségi pontok neve onnan származik, hogy a Nap, mikor e pontok egyikébe lép (tavaszkor és őszi), éppen keleten kél és éppen nyugaton száll le. Ilyenkor, mint rajzunkból látható, a Nap 12 óráig van a horizon felett és 12 óráig alatta. A nap és éjszaka tehát egyenlő tartalmú. Ha a tavaszponttól kiindulva, az ekliptikán kelet felé 90 foknyira haladunk, oly ponthoz érünk, melynek neve *nyári napfordulat* (ezen a helyen tartózkodik a Nap június második felében). Éppen szemben, vagyis 90 foknyira az őszponton túl van a *téli napfordulat* (az a hely, hol a Nap éppen karácsony előtt látható).

**Az ekliptika rendszere elforog a horizon rendszere fölött.** —

Az ekliptikai rendszer síkjai és körei majdnem változatlan összefüggésben maradnak az egyenlítő rendszerével és az állócsillagokkal. Azért az ekliptikai rendszernek is el kell sikkania a horizon rendszerének látszólag egy helyben maradó körei fölött, nagyjában ugyanazon módon, mint az egyenlítői rendszer síkjairól és köreiről mondtuk. Annak következtében azonban, hogy az egyenlítő az ekliptikával  $23\frac{1}{2}$  foknyi szöveget alkot, az ekliptikai rendszernek a horizon rendszerével való folyvást változó összefüggése bonyolultabb, mint az egyenlítő és a horizon rendszerei között való összefüggés. De mindezek a kölcsönös vonatkozások könnyen megérthetők és ki is fejthetők a gömbháromszög tan segítségével.

Az egyenlítő és ekliptika összefüggése és a kettőnek napi mozgása az égboltozaton szépen ábrázolható az itt lerajzolt

egyszerű készülékkel. Kártyapapirosból két körlapot vágunk és közönséges orsóhoz erősítjük, melyen a sark felé mutató és a nyilak irányában megforgatható czeruza megy keresztül. Először is az ekliptika északi sarka, minthogy  $23\frac{1}{2}$  foknyira van az ég északi sarkától, mindig  $66\frac{1}{2}$  foknyi távolságban van az egyenlítőtől, tehát mindennap látszólag körüljárja a sarkot, épen úgy, mintha valamely csillag állna e helyzetben. Az Egyesült Államokban<sup>1</sup> mindenütt folyvást a horizon felett



23. ábra.

Az egyenlítő és ekliptika látszólagos mozgását mutató készülék.

van az ekliptika északi sarka. Minthogy a napfordulati pontok  $23\frac{1}{2}$  foknyira vannak az egyenlítőtől, a nyári észak, a téli dél felé, azok is a horizon rendszerének függőleges köreihez képest ferde irányban végzik körútjukat az égen. Minthogy az éggömb forgástengelye az egyenlítői rendszer északi és déli sarkán áthalad, az egyenlítő a maga saját síkjában forog, mint esztergán a korong és önmagával mindig párvonalas marad. Nyilvánvaló, hogy az ekliptikának is bizonyos hullámzó mozgást kell végeznie, mert a csillagok között látszólag válto-

<sup>1</sup> És egész Európában.

zatlan helyzetű égi egyenlítővel állandó  $23\frac{1}{2}$  fok hajlásszöget alkot. A körök említett három rendszere — A) horizon, B) egyenlítő, C) ekliptika rendszere — kimeríti mindazokat, melyeket a csillagászok mai nap általánosan használnak.

**Használatos csillagászati jelek.** — Különféle jegyek használatosak, hogy röviden lehessen jelezni a Nap, Hold és bolygók neveit, helyzetüket az égen, az állatkör jegyeit s i. t. Néhány ily jegy más jelentéssel egyéb tudományágakban is szerepel, de csillagászati értelmök a következő:

☉ = a Nap	♀ = Merkur.
☾ = a Hold.	♀ = Venus.
☽ = az újhold.	♁ = Föld.
☾ = a holdtölte.	♂ = Mars.
♊ = együttállás (conjunctio) vagy egyezés	} hosszúságban vagy rectascensióban.
☐ = negyed (quadratura) vagy 90 fok eltérés	
♋ = szembenállás (oppositio) vagy 180 fok eltérés	
	♃ = Jupiter.
	♄ = Saturnus.
	♅ = Uranus.
	♆ = Neptunus.

Az állatkör jegyei (nem az ugyanilyen nevű csillagképek) pedig a következők:

(I) ♈ kos	} tavaszi jegyek	(VII) ♎ mérleg	} őszi jegyek.
(II) ♉ bika		(VIII) ♏ skorpió	
(III) ♊ ikrek		(IX) ♐ nyilas	
(IV) ♋ rák	} nyári jegyek	(X) ♑ bak	} téli jegyek.
(V) ♌ oroszlán		(XI) ♒ vizöntő	
(VI) ♍ szűz		(XII) ♓ halak	

A fentebb használt műkifejezések magyarázata később következik, megfelelő helyen.

**Igen nagy számok kifejezése.** — A csillagászatban gyakran óriási számokat kell használnunk, mert a mi Földünk a világegyetemnek oly parányi része, hogy a földi egységeket ismét és ismét sokszoroznunk kell, ha égi testek méreteit akarjuk kifejezni. Az Amerikában általánossá vált szokás a francia számlálási módot alkalmazza. A milliótól felfelé következőkép:

1,000,000 = egy millió	} Francia rendszer.
1,000,000,000 = egy billió	
1,000,000,000,000 = egy trillió	
1,000,000,000,000,000 = egy quadrillió	
stb. stb.	

Következnek quintillio, sextillio sat. Latin elnevezéseket használunk és minden egység az előtte levőnek ezerszerese. Megjegyzendő azonban, hogy Angolországban megjelent és jelenleg Amerikában is nagyon elterjedt művek mindig az angol szám-lálási módot használják.<sup>1</sup> Ebben is előfordulnak a billió, trillió, quadrillió sat. kifejezések, de egészen más jelentéssel, két egymásra következő név közül az utóbbi nem ezerszerese, hanem milliomszorosa az előzőnek. Ezért

1,000,000	= egy (angol) milliő
	= egy (francia) milliő •
1,000,000,000,000	= egy (angol) billió
	= egy (francia) trillió
1,000,000,000,000,000,000	= egy (angol) trillió
	= egy (francia) quintillió.

Azonkívül igen nagy számok kifejezésére még a rövidített, vagy algebrai jelzés szolgálhat, mely minden kétértelműséget kizár.

E szerint

$3 \times 10^9$	=	3,000,000,000	= három (francia) billió
$6 \times 10^{12}$	=	6,000,000,000,000	= hat (angol) billió
			= hat (francia) trillió.

A tizes mellett fent írott apró számjegy neve kitevő (exponens); megmutatja, hogy a tíz hányszor szerepel mint tényező.

**Kelet és nyugat, észak és dél az égen.** — Mi e szavaknak rendes és korlátolt értelme, különösen a földrajzban, már megmagyaráztuk: észak és dél a délkör irányát jelzi; a kelet-nyugati vonal derékszögben metszi az észak-délit. E kifejezések ily módon való használata csupán az *A*) rendszer sikjaira és köreire szorítkozik, mely rendszernek a horizon az alapsíkja. De ha a *B*) és *C*) rendszerekre térünk, a *kelet* és *nyugat*, *észak* és *dél* elnevezések is mást jelentenek az alapsíkok változása szerint. Észak, dél, kelet és nyugat új értelmezését kell tehát adnunk ama rendszerekkel való kapcsolatukban. *Északi* az az irány, mely az égi testtől az ég északi sarka felé tart;

<sup>1</sup> Ez nálunk és Németországban kizárólag járja, a fordításban is az eredetileg használt francia rendszer helyett ezzel élünk. R.

állandóan görbülő vonal az, mely az égi testen áthaladó órákört követi. Hasonlóképen *déli* az ellenkező irány, ugyanazon órákör mentében a déli sark felé. Közvetlenül a sark alatt dél annyit jelent a *B*) rendszerben: a horizon északpontja felé. *Kelet* és *nyugat* iránya az egyenlítő és parallelje mentében az éggömb görbületét követve terjed. Ha arczzal dél felé fordulunk, kelet balra esik, (vagyis az óramutató járásával ellenkező irányban) az egyenlítő és parallelkörök kerületén. Minél inkább észak vagy dél felé esik a csillag, annál kisebb a parallel, és annál hirtelenebben görbül onnan kiindulva, a kelet- és nyugat felé tartó irány. Gyakran a *C*) rendszer síkjaira és köreire vonatkoztatva is használjuk a *kelet*, *nyugat*, *észak* és *dél* elnevezéseket; észak és dél ez esetben hosszúsági körök mentében van, kelet és nyugat pedig e körökkel derékszöget alkotó irányban, mely az ekliptika és ennek paralleljei szerint görbül. Kelet az óramutató járásával ellenkező irány, miként a *B*) rendszerben, észak pedig az ekliptika északi sarka felé esik.

Most már elég előkészületünk van arra, hogy a három rendszer összefüggését a csillagásznak gyakorlati munkálkodásával felismerhessük, a használt műkifejezésekkel megismerkedjünk, az elmélet és gyakorlat között levő kapcsolatot tudományosan kifejtjük.

---

## III. FEJEZET.

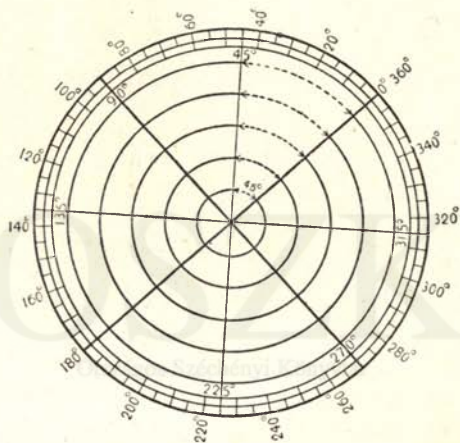
## AZ ÉGGÖMB TUDOMÁNYOS BEOSZTÁSA.

Minthogy már kellő fogalmunk<sup>?</sup> van az éggömről, számot adhatunk azokról az elvekről, melyeken a már ismertetett különféle rendszerek alapulnak. Ez elvek sarkalatosak, magának a geometriának igazságaiból következnek. Ismeretesekek és el vannak fogadva EUKLIDESZ óta (280 Kr. e.), ki először magyarázta meg teljesen mindama rendes jelenségeket, melyeket a régiek az éggömbön megfigyeltek. A gyakorlati csillagászat az a tudomány, mely az égi testek pontos megfigyelésével és helyzeteik pontos kiszámításával foglalkozik. Tökéletlen kezdetből kiindulva, csak úgy haladhatott előre, ha az észlelések, valamint az ezek kiszámításában követett matematikai módszerek pontosak voltak. Szabatos megfigyelés csak akkor vált lehetségessé, mikor az égi testeket valamely meghatározott pontra, körre, vagy síkra vonatkoztathatták. Természetes dolog, hogy a szemhatár volt az első ilyen vonatkoztatási sík, mert a Nap, Hold és fényesebb csillagok keltét és lenyugvását egész határozottsággal lehetett észlelni. Ez a tény megmagyarázza, miért szemelték ki a szemhatárt a horizon rendszerének alapsíkjául. Az ezzel összefüggő pontok, körök és síkok természetesen és szükségképen a geometria elveiből következnek.

**Szögek mérése.** — Csillagászati méréseknél minden képzelhető nagyságú körrel van dolgunk. Minden kör tekintet nélkül nagyságára, 360 fokra oszlik. A fok szögmérési egy-

ség, nem hosszúság mérésére való és értéke minden egyes köriven a kör nagyságával arányosan változik. Egyközepű körökben például valamennyi, ugyanazon két körsugár között fekvő ív fokainak száma, mint rajzunk mutatja, teljesen ugyanaz. Minden fok 60 perczre (60'), minden percz 60 másodperczre (60'') osztható. Vigyázni kell, mikor ugyanezeket a jegyeket (' és '') elvétele még láb és hüvelyk jelölésére használják.

**A fény egyenes irányban halad.** — Az egész csillagászat annak a tételnek az igazságán alapul, hogy homogén közeg-



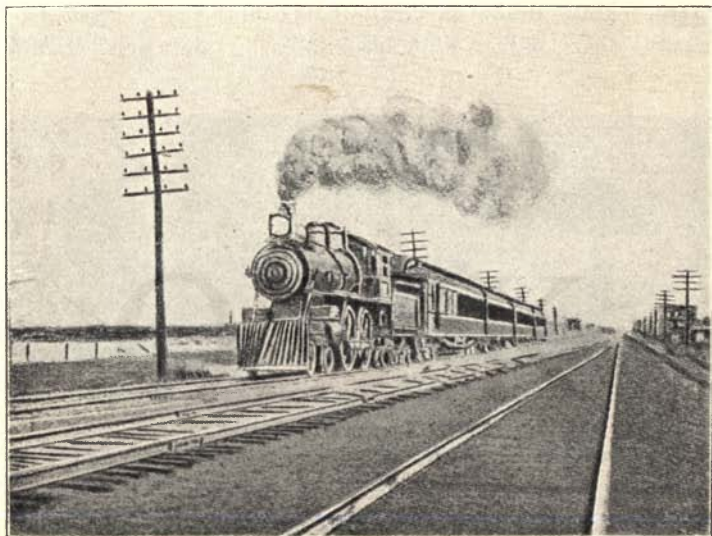
24. ábra.

A kör beosztása 360 fokra.

ben, milyen az éther, e súlytalan és a világtért betöltő anyag, a fény egyenes irányban halad. A fizikus ezt a fény haladásának hullámelméletével indokolja.

Milyen természetű a homogén közeg, érthetővé válik, ha ellenkezőjével hasonlítjuk össze. Nézzünk az ablakon át olyan tárgyakat, melyek épen valamely erős melegforrás felett látszanak. Úgy tetszik, mintha ide-oda reszketnének és nem volnának tisztán megkülönböztethetők. Nagyon jól tudjuk, hogy ily tárgyak — épületek, jelzőeszközök, fák — a valóságban nincsenek eltorzulva, mint a látszat mutatja; és az ideig-óráig tartó tüneményt igazi okára vezetjük vissza, mely nem egyéb,

mint a hőferrást környező levegőnek szabálytalan kiterjeszkedése. Ekkor tehát egy része a közegnek, melyen a fény a külső tárgyakról a szemig vezető útjában áthalad, nem homogén. Tudjuk továbbá, hogy a fénysugarak ily keveredése és szétzóródása nem következne be, ha a hőszűrő éppen oly hőmérsékletű volna, mint a körülötte levő levegő. Az erősen felmelegedett kémény felett elhaladó világosság, a napsütötte

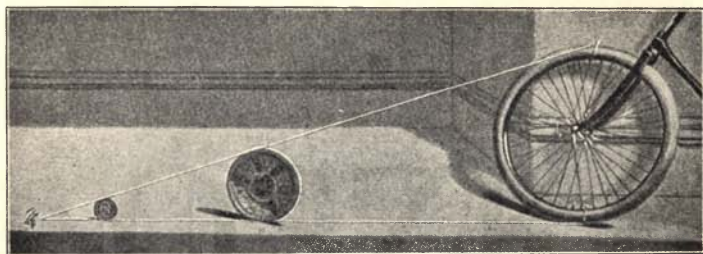


25. ábra.

Távolság és látszó nagyság (TROWBRIDGE pillanatnyi felvétele).

aszfalt felett a levegő, az a zászlórúd, melyet verőfényes napon, mikor szemünk közel van hozzá és felfelé néz, olyan-  
nak látunk, mintha ketté volna törve: mind oly tűnemények, melyek még sok mással együtt közös eredetűek. A csillagoknak az a heves pislogása, mely annyira fokozza a téli éjszaka szépségét, nagyrészt annak köszönhető, hogy meleg és hideg levegő erős áramlással keveredik, mi a fény terjedési közegének a tökéletesen homogén szerkezettől való eltérését okozza. Ilyen éjszakákon a távcső nem lehet nagy segítségünkre a csillagászati megfigyelések végzésekor.

**Szögek és távolságok.** — Minthogy a fény egyenes irányban halad, a szög, mely alatt valamely test látszik, teljesen attól függ, hogy a tárgy és a szem között mekkora a távolság. Minél messzebb van valamely tárgy, annál kisebb szög alatt jelenik meg; minél közelebb van a tárgy, annál nagyobb a szög. Ez nem jut mindig eszünkbe, ha a vasúti sínek jókora egyenes darabján végig nézünk, ámbár tudjuk, hogy a sínpár mindenütt egyforma szélességű. De a kamara, mely minden tárgyat, tekintet nélkül távolságára, sík lapra vetít, nagyon szembevetővé teszi, milyen különböző látószög alatt jelenik meg a



26. ábra.

Egyenlő látószögű korongok méretei távolságukkal arányosak.

sínpár, ha közeli vagy távoli részét tekintjük (ezt képünk is igen jól feltünteti). Kísérleti úton, hamar meggyőződünk a következő törvény helyességéről: *A szög, mely alatt bizonyos tárgyat látunk, fordított arányban van a tárgy távolságával.* Következésképen különféle nagyságú tárgyak — az ezüst-pénz, a csésze, a kerék, mint rajzunk mutatja — pontosan ugyanazon szög alatt jelenhetnek meg, ha kellő távolságban vannak elhelyezve. Világos tehát, hogy nagyon határozatlan beszéd, ha úgy mondjuk, hogy a Hold akkorának látszik, mint valamely tányér, vagy kocsikerék, vagy bármi más, ha csak meg nem állapítjuk egyúttal, hogy milyen messzire van a szemtől a tányér, a kocsikerék vagy az a más összehasonlításra szolgáló tárgy.

**A Hold és a radián, mint mértékegységek.** — Észlelések tanusítják, hogy a Hold tényleg körülbelül fél fok szög alatt

látszik; a geometria pedig bebizonyítja, hogy oly gömb, melynek távolsága saját sugarának

$$\left. \begin{array}{l} 206,000 \\ 3,400 \\ 57 \end{array} \right\} \text{-szerese, épen } \left\{ \begin{array}{l} 1'' \\ 1' \\ 1^{\circ} \end{array} \right.$$

szög alatt látszik.

Ezek a számok pontosan így kaphatók: A körmérés szabályai szerint, ha a körsugár  $r$ , a kör kerülete, vagyis  $360^{\circ} = 2\pi r$ , a hol  $\pi$  az ismeretes 3.14159 vagy közelítőleg  $3\frac{1}{7}$ . De mivel

$$2\pi r = 360^{\circ} = 21600' = 1,296,000'',$$

$$\text{azért} \quad r = 57\frac{1}{3}^{\circ} = 3,438' = 206,265''.$$

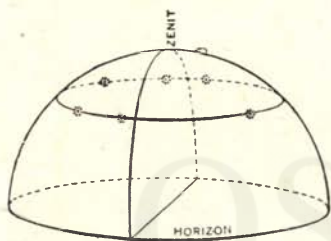
Az  $r$  szög alkalmas szögmérési egység. Minthogy az az iv méri, melyet a gömbre hajlított gömbsugár alkot, az  $r$  szög gyakran *radián* néven szerepel.

Ezért, ha valamely gömbnek a szemtől mért távolsága saját sugarának 115-szöröse, az a tárgy épen oly szöget fog át, mint a Hold, és így akkorának is látszik, mint a Hold. A szem gyakran csalódik a tárgyak távolságának és nagyságának megítélésekor, rendszerint kisebbnek itéli a távolságot, mint a milyen valósággal. Erről kísérletileg könnyen meggyőződhetünk: a közönséges amerikai réz-cent, hogy oly szög alatt lássuk, mint a Holdat, körülbelül 7 lábnyira helyezendő, de az ezüst-dollár már  $14\frac{1}{2}$  lábnyira.<sup>1</sup> Tehát a Hold, mely mindig ugyanazon, majdnem  $\frac{1}{2}$  fok szög alatt látszik, kitünő mérték a szög nagyságának meghatározására, kis ivmérő egység. Ha például meg kell mondani, hogy látszólag milyen távol van valamely bolygó valamely mellette lévő csillagtól, meg fogjuk becsülni, hányszor képzelhetjük a Hold korongját a két tárgy közé helyezve; az így kapott szám fele fogja nagyjából kifejezni a távolságot fokokban. Habár ekkép hihetőleg kissé hibás eredményhez jutunk, az elv maga egészen helyes.

**Magasság és azimut.** — Magasságon valamely testnek a horizon felett mért szögtávolságát értjük; mérjük a függőleges kör ívén, mely a testen áthalad. A zenit magassága nyilván

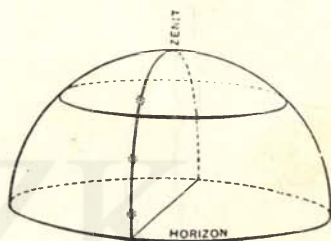
<sup>1</sup> Kétfülleres és ötkoronás a szemtől 2.10 és 3.98 m. távolságra helyezendő, hogy a Holdat épen fedje.

$90^\circ$ , és ez a lehető legnagyobb magasság. Gyakran használt kifejezés a *zenittávolság*; ez mindig a  $90^\circ$  és a magasság között való különbséggel egyenlő. De valamely égi test helyzetének meghatározására nem elég csak a magasságot ismerni. Ezzel csak annyit tudunk, hogy a test valahol, bizonyos kisebb kör vagy almukantarát egyik pontján találhatók; de mivel e kör mentében bárhol lehet, még egy elemre van szükségünk, melynek *azimut* a neve. Ez mutatja, hogy a csillag az almukantarát mely részében található. Azimut a szögtávolság valamely test és a meridián között; mérjük a horizon mentében a délponttól az óramutató haladása irányában, vagyis a nyugat-



27. ábra.

Egyenlő magasságú csillagok.



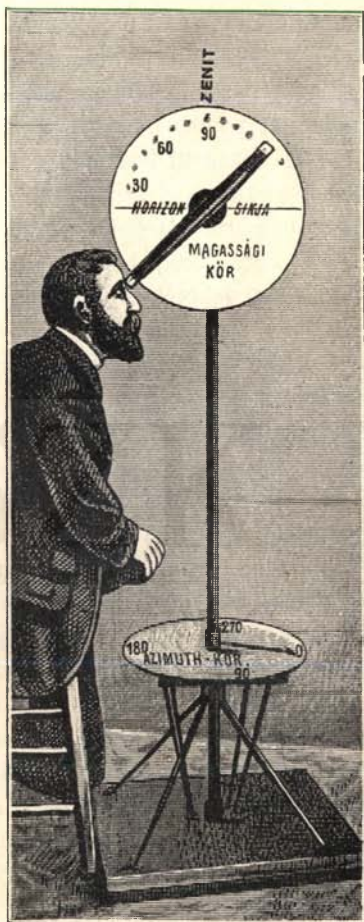
28. ábra.

Egyenlő azimutban álló csillagok.

észak- és keletponton át a csillag függőleges körének talpontjáig. Látható, hogy az azimut értéke  $360^\circ$ -ra nőhet. Valamely északnyugaton, a zenittől  $40^\circ$ -nyira levő csillag helyzete következőképpen jellemezhető: magasság  $50^\circ$ , azimut  $135^\circ$ . Oly csillagnál, mely  $10^\circ$ -nyira a zenittől, de délkeleten fekszik, a magasság  $80^\circ$ , az azimut  $315^\circ$ . Rajzunkból világosan látható, hogy számos csillagnak egyenlő lehet a magassága, ha mindjárt mindegyiknek más az azimutja; viszont lehetnek olyan csillagok, melyeknek azimutjai egyenlők, mert ugyanazon függőleges körben fekszenek, de magasságaik  $0$  és  $90^\circ$  között változnak.

**Egyszerű altazimut-műszer.** — Hogy az azimutot és a magasságot meghatározhassuk, nem kell más, mint a következő egyszerű és könnyen készíthető műszer. Természetes, hogy csak közelítő mérésekre használható, de teljesen helyes elveken alapul. A rajzból világosan látható, milyen lényeges alkotórészekből áll. Szilárd, körülbelül  $36 \text{ dm}^2$ -nyi deszka-

alapat négy szögletéből összetartó támaszték indul ki, mely vízszintes, átfurt deszkát tart épen az azimutkör alatt. E fúrásán keresztül függőleges rudat vagy egyenes gázvezető csövet dugunk, mely az alapzat egy mélyedésében nyugszik és tengelye körül foroghat. Legrosszabb esetben, jobb híján, fadoboz két szemközt fekvő lapjának közepén lyukakat fúrunk, melyeken seprő rúdját dugunk keresztül. Épen az azimutkör fölött a függőleges tengelyhez mutatóval ellátott gyűrűt erősítünk; a mutató akkora, mint az azimutkör sugara. Czélszerű, ha a gyűrű szorítócsavarral megerősíthető. A körlap deszkából való; erre papir- vagy vékony kártyalapot ragasztunk, mely fokokra van osztva. Délen legyen a  $0^{\circ}$ , nyugaton  $90^{\circ}$ , északon  $180^{\circ}$ , keleten  $270^{\circ}$ . Ha a fok-beosztás kész és számozva is van, a körlap két-háromszor vékony sellakréteggel is bevonható, hogy jókarban maradjon. A függőleges tengely felső végére erősítünk egy másik körlapot, ez a magassági kör, melynek felső fele, jobbról és balról  $0^{\circ}$ -tól kiindulva, a zenit, szintén  $90$  fokra



29. ábra.

Egyszerű altazimut.

van osztva. A magassági kör közepe át van fúrva, a fúrás és a benne forgó vízszintes tengely, lehetőleg vastag,  $1\frac{1}{2}$  cm. vagy több legyen, hogy a hozzácsatolt mutatókar könnyebben forogjon és bármely megkívánt helyzetben biztosan megállit-

ható legyen. Egyenes vonalban a mutató végpontjával és a tengely középpontjával két átnézőt (dioptra) tegyünk a kar végére. Ezzel lényegében készen van az altazimut-műszer. Az átnézők, melyeken keresztül pusztá szemmel akarjuk vizsgálni a csillagokat, körülbelül ily nagyságúak  $\oplus$  és szerkezetűek legyenek: A körülbelül 5 mm.-nyi nyílás mellett nem vész el a csillag fénye és a vékony fonal- vagy sodronykereszt módot szolgáltat pontos beirányításra.

**Az altazimut használata.** — Használat céljából vízszintesen állítjuk az azimutkört és  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$ -ba eső átmérőjét észak-déli irányba helyezzük, hogy a már ismeretes délkörbe essék. Ügyeljünk, hogy a magassági kör 0 pontjait összekötő vonal lehetőleg derékszöget alkosson a függőleges tengelylyel. Irányítsuk az átnézőket a délkör vonalába és észak felé tekintve szorítsuk meg az azimut mutatóját gyűrűje segítségével a  $180^{\circ}$ -os osztásvonalban. Ekkor a műszer használatra készen van; és ha bármely égi testre irányítjuk, ennek azimutját és magasságát, az észlelés pillanatára vonatkozólag, a két kör mutatóinak végpontjain leolvashatni. Ha csak némileg gondosan történt a műszer készítése és beállítása, a leolvasásnál alig fogunk egy foknál nagyobb hibázni; és ha csak az a célunk, hogy gyakorlottságot szerezzünk a magasságok és azimutok gyors, bár nagyjából való meghatározásában, jobb módszert nem is találhatunk. A Nap és a csillagok magasságát akkor is jó lesz meghatározni, ha a meridiánban vagy az első függőleges körben állnak. Ha a Napot észleljük, legcélszerűbb, ha sugarai a mutató felső végén levő, tühegygyel szúrt nyíláson át esnek egy a mutató alsó végén elhelyezett és kereszttel jelzett kártyalapra, de ügyelni kell, hogy a tüfúrás és a kereszt összekötő vonala a két átnézőt összekötő vonallal párvonalos legyen.

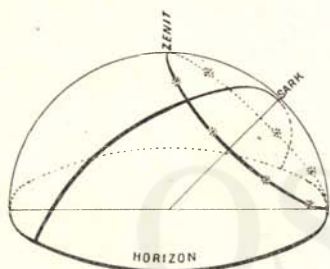
**Az egyenlítő rendszerének eredete.** — Az éggömb mozgása<sup>2</sup> következtében bármely csillag magassága és azimutja folyvást változik. Ezért a horizon és a vele összefüggő körök rendszere egy cseppet sem célszerű, ha a csillagoknak egymáshoz viszonyított helyzetüket fel akarjuk jegyezni; hiszen már a régiek is úgy találták, hogy az égi testek, emberöltőkön át vizsgálva, látszólag nem is végeznek mozgásokat egymás-

hoz képest. Természetes és szükséges volt tehát olyan, úgynevezett koordinátarendszert találni, melyben a csillagok helyzetei állandók vagy megközelítőleg azok. Legalább is EUKLIDESZ ideje óta akadt itt-ott természetfilozófus, ki meg volt győződve, hogy a Föld gömbölyű, hogy tengelye körül forog s hogy e tengely majdnem állandó irányban mutat a csillagok felé. Ekkor elég könnyen keletkezett az éggömb elemeinek második vagy egyenlítői rendszere; a földtengely a csillagokig meghosszabbítva a rendszer legfőbb pontját adta; ez az ég északi sarka. Ettől mindenütt  $90^\circ$ -nyira van az eget övező legnagyobb kör, mely a föld-egyenlítő síkjának kiterjesztése által keletkezik és épen azért az ég egyenlítőjének nevét viseli.

**Declinatio.** — Ez a sík vagy kör (gyakran *napéjgyenlítő*-nek mondjuk, de általánosan és egyszerűen *egyenlítő*-nek) a (B) egyenlítő-rendszernek legfontosabb alapsíkja. Az egyenlítő rendszerében épenséggel azt a szerepet játszsza, a melyet a szemhatár a horizon rendszerében (A). És hasonló módon két kifejezés kell itt is, hogy valamely csillagnak helyét az egyenlítőhöz képest meg lehessen határozni. Az első az elhajlás (*declinatio*), mely az (A) rendszerbeli magasságnak a megfelelője. Valamely test elhajlásán értjük az egyenlítőtől mért szögtávolságát és lemérjük ezen siktól észak vagy dél felé a testen áthaladó órákör mentében. Ha a csillag északon van az egyenlítőtől, az elhajlása is *északi*, vagy plus, ha délre, az elhajlás is *déli*, vagy minus jelű. Nyilvánvaló, hogy az egyenlítőtől északra levő csillagok elhajlása minden lehető értékkel birhat plus  $90$  fokig, a hol az északi sark van; az egyenlítőtől délre levő csillagok elhajlásának értéke pedig meg nem haladhatja a minus  $90$  fokot. A *declinatio* jelzésére *decl* vagy egyszerűen  $\delta$  (a görög kis *delta*) betű szolgál. Némelykor az elhajlás helyett az *északi sarktavolság* kifejezést alkalmazzuk; ezt a csillag órákörén dél felé számítják az északi sarktól kezdve, esetleg az egyenlítőn át. Az északi sarktavolság legfeljebb  $180$  foknyi lehet; ez pedig az ég déli sarkának helyzete. Így például a sarktavolság  $70^\circ$ , ha az elhajlás  $+20^\circ$ ; és ha az elhajlás  $-22^\circ$ , akkor az északi sarktavolság  $112^\circ$ .

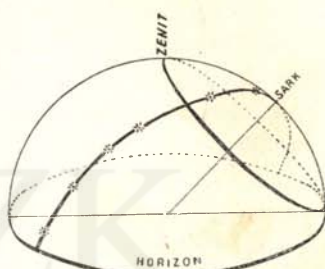
**Rectascensio.** — Ha ismét a horizon rendszerének kifejezéseire és köreire gondolunk, azonnal észreveszszük, hogy az

elhajlás magában épen oly kevésbé határozza meg valamely csillag helyzetét az éggömbön, mint egyedül csak a magasság. Hasonló határozatlanság marad a Föld valamely pontjának helyzetében, ha csak szélességét ismernők; ismernünk kell a hosszúságot is, mely a föld-egyenlítőn mért, valamely első délkörtől való szögtávolság. Így tehát kell egy kifejezés, mely az elhajlást mindig kíséri; ez az *egyenes emelkedés* (*rect-ascensio*), mely az (A) horizontális rendszer azimutjának a megfelelője. De két különbséget is meg kell jegyeznünk. Valamely testnek egyenes emelkedése e testnek szögtávolsága a tavasz-ponttól (ez az egyenlítőben van és értelmezését már közöltük



30. ábra.

Egyenlő elhajlású csillagok.



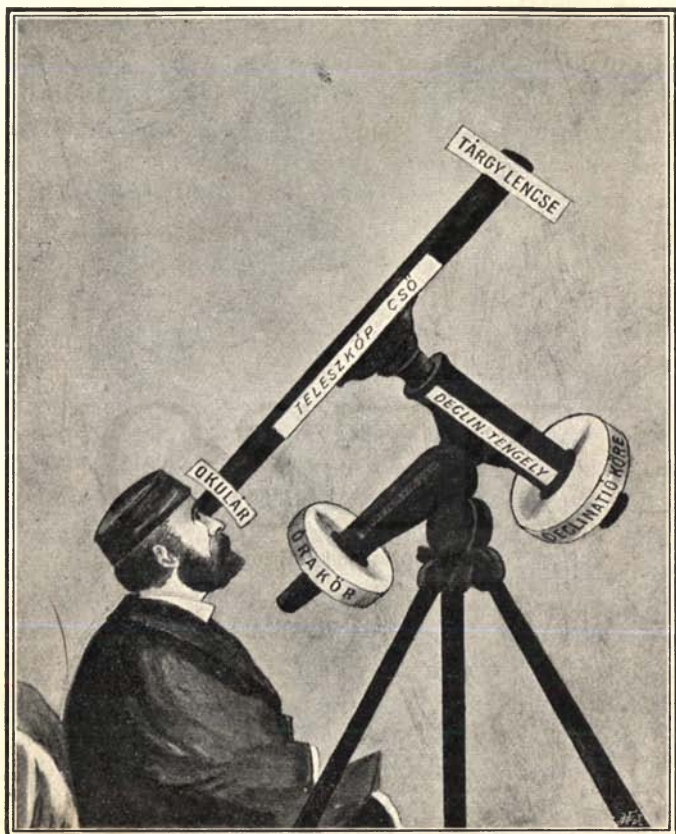
31. ábra.

Egyenlő egyenes emelkedésben lévő csillagok.

a 34. lapon), melyet az egyenlítőn a testhez tartozó órákörig kelet felé, tehát az óramutató járásával ellenkező irányban mérünk. E mérés az egész égboltozaton végig folytatható és 360 fok értékig vezethet. De tisztán célszerűségi szempontból az egyenes emelkedést gyakran *órákban* fejezik ki, nem fokokban (1. a 23. ábrát). Minthogy 24 óra az égboltozat egy teljes körforgásának felel meg, mely egyszermind 360°-kal ér föl, egyik a másik helyett vehető. Minden óra ekkor annyi fokot képvisel, a hányszor 24 a 360-ban megvan, vagyis 15 fokot. Az órákat is percekre (minutum), ezeket pedig másodpercekre (secundum) osztjuk, miként az ivfokokat ivpercekre és ivmásodpercekre. Ezért

$$\left. \begin{array}{l} 1^h = 15^\circ \\ 1^m = 15' \\ 1^s = 15'' \end{array} \right\} \text{és} \left\{ \begin{array}{l} 1^\circ = 4^m \\ 1' = 4^s \\ 1'' = 0.0667^s \end{array} \right.$$

Ezek a számviszonyok folyvást szükségesek a csillagászatban. Az egyenes emelkedés jelzésére rendszerint R. A. szolgál vagy pedig AR, illetőleg egyszerűen  $\alpha$  (a görög kis *alfa*) betű, a mi annyit jelent, mint *ascensio recta*. A rajzokból



32. ábra.

Az aequatoreal mintája.

kitűnik, hogy több csillag egyenes emelkedése egyenlő lehet, ha elhajlásuk nagyon különböző is, és fordítva.

**Az aequatoreal-távcső.** — Valamint az altazimut oly műszer, melyet a horizon rendszerének megfelelőleg irányíthatunk, úgy az aequatoreal-távcső az egyenlítői rendszernek

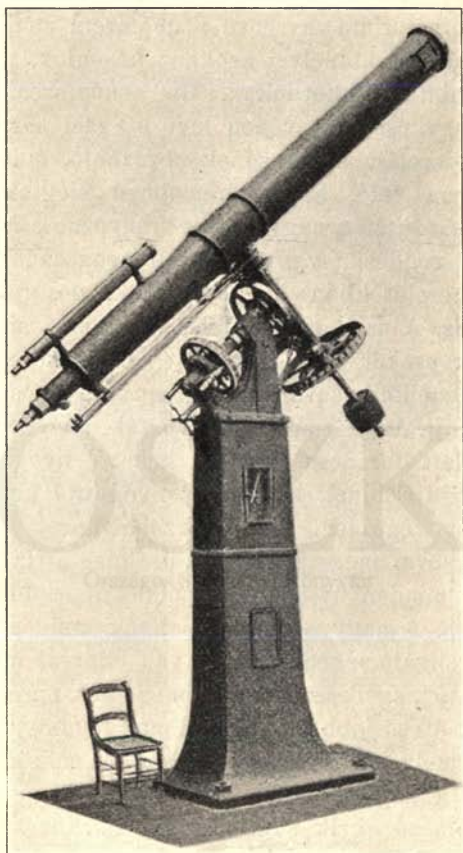
megfelelően mozgatható. Ez a műszer, melyet egyszerűen *aequatorealnak* neveznek, oly forma szerkezetű, hogy vele a csillagot napi mozgásában egyetlen egy tengely körül történő forgatással követhetjük.

Ez a tengely mindig a Föld tengelyével párvonalas; neve *sarktengely*. Minthogy az ég északi sarka felé kell mutatnia, körülbelül a rajzban látható szöget alkotja a horizonttal az Egyesült Államok<sup>1</sup> valamennyi helyén. Az aequatorealt leg-egyszerűbben úgy értjük meg, hogy altazimutnak tekintjük, melynek fő- vagy függőleges tengelye le van hajlítva észak felé, mignem a sarkra mutat. Az azimutkör ekkor az aequatoreal *óráköre* lesz, a vízszintes tengely az aequatoreal *declinatio-tengelye*; a hozzátartozó kört pedig *declinatio-körnek* mondjuk (megfelelője az altazimutnak magassági köre). A declinatio-tengelynek egyik végén és vele derékszöveget alkotva, a távcsövet helyezik el, mint a rajz mutatja. Az ábrázolt mintát bármely ügyes fiú utánozhatja. A tengelyek faágyakban forgó fenyőrudak, melyeket jó lesz forró paraffinba áztatni. A távcső helyébe kártyapapír-cső tehető.

**Az aequatoreal beirányítása és használata.** — Ha már ismerjük a délkör irányát, annak síkjába kell helyoznunk a sarktengelyt úgy, hogy e tengely északi végét addig emeljük, míg a keletkezett szög egyenlő a földrajzi szélességgel, mely bármely térképről eléggé pontosan leolvasható. Húzzunk a sarktengely hüvelyének, vagy mint rendszeren nevezik, bölcsőjének külső oldalán magával a tengelylyel párvonalas egyenest, és ezen át fektessünk a szélességgel egyenlő szög alatt (melyet szögmérővel felviszünk) egy másik egyenest, mely előzetes felállítás után is már majdnem vízszintes lesz. A felállítás helyesbitésére ez egyenes mellé szintezőt teszünk, melyet a mesteremberek rendszeren használnak. Vegyük ki végre a tárgylencsét (objectiv) és nagyítót (ocular) és irányítsuk a távcsövet, a mennyire szabad szemmel megítélhetjük, a zenit felé. Azután lógassunk a csövön át felső végének középpontjából függőt és igazítsuk a csövet addig, míg a függő tengely iránt áll. Megtartva a csövet e helyzetben, az órákört zeróra

<sup>1</sup> És hazánknak is.

állítjuk be és a declinatio-kört annyi fokra, a mekkora a szélesség. Ekkor egyszerű aequatorealunk használatra készen van. Az elhajlásokat a declinatio-körön közvetlenül leolvashatni



33. ábra.

10 hüvelykes (254 mm. nyílású) aequatoreal (WARNER és SWASEY).

mihelyt valamely égi testet a látómező középpontjába hozunk. Az egyenes emelkedéseket pedig megtalálhatjuk, ha a tavasz-pont óraszögét ismerjük. Hogy ez utóbbit mikép találjuk, annak egyik módját a legközelebbi fejezetben fogjuk látni (64. lap). Meg kell különböztetnünk az *órákör* kifejezés kétféle és eltérő

értelmét. Midőn az aequatoreal be van állítva, a *műszer* óráköre, a föld-egyenlítővel párvonalas és épen azért derékszöget alkot az *éggömb* óráköreivel.

**A csillagvizsgálókban felállított távcsövek.** — Majdnem minden obszervatórium távcsöve aequatoreal módjára van felállítva. E felállítás alapelvei azokhoz hasonlóak, melyek a már ismertetett mintán előfordultak. Ily aequatoreal rajzunkban látható. A nagy cső alsó végén levő s ezzel párvonalas apró cső rövid messzelátó s keresőnek nevezhető, mert tágas látómezejü és arra való, hogy könnyebben megtaláljuk az égi testet, melyre azután a nagy csövet irányozni akarjuk. A távcső tengelyei rendesen vasbölcsőkben nyugszanak, melyek a legjobb felszerelésekben hengeralakúak, de gyakran négyszögletesek is. A sark tengely felső végéhez, mint ábránkon is, némelykor órákör van illesztve, és ezen kör homlokfogazatába oly végnélküli csavar fog, melyet alól, az oszlop közepén levő óramű hajt. Az órát úgy szabályozzák, hogy a sark tengelyt annyi idő alatt forgassa egyszer keletről nyugat felé maga körül, mennyi a Földnek kell, hogy nyugatról kelet felé teljes tengelyforgást végezzen. A látómezőbe hozott csillagot, ha ugyan a távcsövet megszorítjuk, az óra megtartja ugyanabban a helyzetben minden új beállítás nélkül, a meddig az észlelő kísérni óhajtja. A nagy aequatorealoknak mindegyik tengelye kényelemre szolgáló segédeszközzel van ellátva, melynek neve „finom mozgató“, egyik az egyenes emelkedés, másik az elhajlás számára való. A cső jobb oldalán látható fogantyúkkal kezelik e kulcsokat, melyeket az észlelő forgathat, miközben a nagyítón át néz; a segítségükkel beállított csillagot szükséghez képest a látómező egyik pontjáról a másikra lassan eltolhatja.

**Égi szélesség.** — Az éggömb koordinatáinak harmadik rendszere — a (C) ekliptikai rendszer alapsíkját az a pálya jelöli ki, melyen a Nap a csillagok között látszólag végig halad, midőn minden évben egyszer körüljárja az egész eget. Tényleg az ekliptika szokott értelmezése az, hogy a Nap közép-pontjának látszó évi útja. Ez a pálya az éggömbnek egyik legnagyobb köre és minthogy mindig állandó helyzetben marad az állócsillagokhoz viszonyítva, könnyen átlátható, hogy alapsíknak nagyon alkalmas. Az ekliptika neve onnan van, hogy

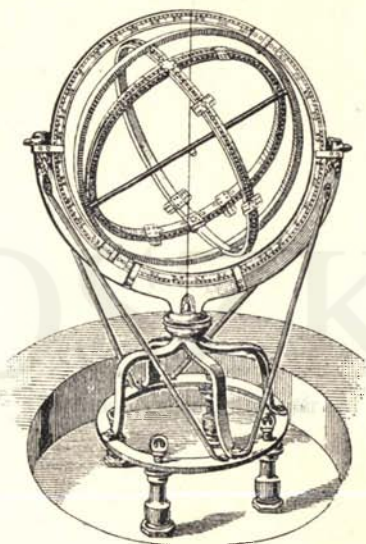
eklipszis, nap- és holdfogyatkozás, csak akkor lehetséges, midőn Holdunk is ebben a pályában vagy közelében tartózkodik. Az ekliptikára mint alapsíkra koordinátarendszert alapíthatunk ép úgy, mint a (B) egyenlítői rendszerénél tettük. Az égi szélesség, vagy egyszerűen a csillag szélessége az ekliptikától való szögtávolsága, melyet e siktól északra vagy délre mérünk a csillagon átmenő ekliptikai délkör (hosszúsági kör) mentében. Ha a csillag északra van az ekliptikától, azt mondjuk, hogy *északi* vagy *plus* a szélessége; ha délre van a csillag, a szélesség *déli* vagy *minus*. A szélesség legnagyobb értéke  $+90^\circ$ . Mint-hogy a Nap középpontja az egész éven át majdnem pontosan az ekliptikán halad, szélessége gyakorlatilag mindig zero. A szélesség jelzésére  $\beta$  (a görög kis béta) szolgál. Némelykor<sup>1</sup> az *ekliptikai északi sarktavolság* kifejezés czélszerűen használható; e távolságot dél felé mérik, a csillagon átmenő hosszúsági kör mentében. Független magától az ekliptikától; értéke  $0^\circ$  és  $180^\circ$  között változhatik, a csillag égbolti helyzete szerint. A mely csillagnak ekliptikai szélessége  $-38^\circ$ , annak az ekliptikai északi sarktavolsága  $128^\circ$ .

**Égi hosszúság.** -- Az égi hosszúság kifejezésével jelöljük a csillagnak a tavaszponttól való szögtávolságát, a melyet kelet felé mérünk az ekliptika mentében a csillagon átmenő hosszúsági körig. Fokokban olvassuk zerótól az egész égbolt területén végig, esetleg  $360^\circ$ -ig. Ha a 30. és 31. ábrákhoz hasonló alakot rajzolunk és az égsark helyébe az ekliptikai sarkot képzeljük, azonnal észreveszszük, hogy valamely ekliptikai paralelkör összes csillagainak ugyanaz a szélességök, bármi legyen is a hosszúságok; továbbá, hogy mindazok a csillagok, melyek bármely, az ekliptika két sarka közé foglalt hosszúsági félkörön vannak, egyenlő hosszúságúak, bár szélességeik egymástól eltérők. Minthogy a napéjegylenlőségi pontok az egyenlítő és ekliptika metszéspontjai, mindkettő szükségképen úgy az egyenlítőben, mint az ekliptikában van. Az ekliptikának van két, a napéjegylenlőségi pontok között közepén levő pontja, az úgynevezett *napfordulati pontok* (solstitiumok). Innen az ezeken átmenő órákör vagy kolúr

<sup>1</sup> Bár fölötte ritkán.

neve *napfordulati kolúr*. A napfordulatok ideje felé a Nap elhajlása néhány napig alig változtatja szélső  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  értékét. Abban, hogy a Nap ekkép látszólag *megáll* az egyenlítőhöz mért helyzetében (nyáron az egyenlítőtől északra, télen délre tőle) a *solstitium* elnevezés eredetére találunk.

A régi csillagászok, kik között különösen TYCHO BRAHE említendő, az órák feltalálása előtt a csillagok helyzetének megfigyelésekor azt a csillagászati műszert használták, mely-



34. ábra.

Astrolabium.

nek neve ekliptikai *astrolabium*. Ez egyik neme az armillaris sphaerának, melynek köreiről valamely csillag hosszúságát és szélességét azonnal leolvashatták. De ilyfajta műszereket most már egyáltalában nem használnak; csak egynéhányat őriznek csillagászati múzeumokban; a legnevezetesebbek egyike a párisi csillagvizsgálón található. Mai nap a csillagászok a hosszúságot és szélességet sohasem határozzák meg közvetlen megfigyelés útján, hanem kiszámítják az egyenes emelkedésből és elhajlásból; mert a hosszúság és szélesség a legnagyobb fokú pontossággal ily módon kapható.

**Összefoglalás, kifejezéseink kölcsönös összefüggése. —**

Az imént leírt három rendszer és a vele kapcsolatban használt kifejezések kölcsönös összefüggését kívánjuk most feltüntetni. A következő táblázat első rovatában a horizonra, mint alapsikra vonatkozó (*A*) rendszerbeli elnevezések találhatók; a második rovatban a (*B*) rendszer terminológiája van, mely rendszernek alapsikjául az ég egyenlítője szolgál; a harmadik rovatban pedig (*C*) ekliptikai rendszerre vonatkozó megfelelő pontok, síkok és elemek láthatók.

## Az éggömb rendszeres beosztásának áttekintése.

A horizon ( <i>A</i> ) rendszerében	Az egyenlítői ( <i>B</i> ) rendszerben	Az ekliptikai ( <i>C</i> ) rendszerben
Horizon	Égi egyenlítő	Ekliptika
Függőleges kör	Óraker	Hosszúsági kör
Zenit	Északi sark	Ekliptika északi sarka
Délkör	Napégyenlőségi kolúr	Hosszúsági kör
Első függőleges kör	Napfordulati kolúr	Napfordulati kolúr
Azimut (negatív)	Egyenes emelkedés	Égi hosszúság
Magasság	(Északi) elhajlás	Égi (északi) szélesség

Az éggömb síkjainak és köreinek e három rendszerénél többet nem használnak a csillagászok, kivéve ott, a hol a matematika és stellar-astronomia igen mélyreható kutatásai kívánják.

#### IV. FEJEZET.

### A CSILLAGOK PÁLYAFUTÁSA.

Leraktuk az alapot, melyen égi tudományunk tovább épülhet. Legközelebbi dolgunk az égen előforduló viszonyokat különböző földi szempontokból vizsgálni és legelőbb is részletekbe bocsátkozunk a csillagokra nézve, melyek elkerülhetetlen vonatkozási pontok az égboltozaton.

**A csillagképek.** — A világtörténelem igen régi korszakában az éggömböt fedő különböző emberi vagy állati alakokat képzeltek, melyek egyes csillagokat és csillagsoportokat némelykor átlátható, de rendszeren groteszk módon kapcsoltak egybe. Azok a csillagsoportok, melyekből ama képzeleti alakok az égboltozaton össze vannak rakva, a *csillagképek* (constellatiók) EUĐOXOSZ (Kr. e. 370) egyiptomi csillagászoktól vette át az éggömb fogalmát, magával hozta Görögországba és első volt, ki az égen a legszembeötlőbb csillagképekkel kipécézte az ekliptikát és egyenlítőt. Körülbelül 60 csillagképet jól ismerünk, de az összes szám majd kétszer akkora. A csillagok megnevezésének és jelölésének eme régi és sok tekintetben czélszerűtlen módja fenmaradt a mai napig. Rendszeren a görög kis betűket használjuk a csillagképek legfeltünőbb csillagainak jelölésére;  $\alpha$  jelzi a legfényesebb csillagot,  $\beta$  a fényességben legközelebbit,  $\gamma$  a harmadikat stb. A görög betűt a csillagkép latin nevének genitivusa követi; így  $\alpha$  *Orionis* Orion-nak a legfényesebb csillaga,  $\gamma$  *Virginis*: fény tekintetében

harmadik csillaga a Szűznek stb. Itt következnek a görög betűk, magyarosan irt neveikkel:

$\alpha$ alfa	$\eta$ éta	$\nu$ nü	$\tau$ tau
$\beta$ béta	$\theta$ théta	$\xi$ kszi	$\upsilon$ üpszilon
$\gamma$ gamma	$\iota$ ióta	$\omicron$ omikron	$\varphi$ fi
$\delta$ delta	$\kappa$ kappa	$\pi$ pi	$\chi$ khi
$\varepsilon$ epszilon	$\lambda$ lambda	$\rho$ ro	$\psi$ pszi
$\zeta$ zéta	$\mu$ mü	$\sigma$ szigma	$\omega$ omega

Van néhány oly csillagkép, melyben 24-nél több csillag kíván külön megjelölést; ez esetben a latin abc betűit is használjuk és ha ez sem elég, az arab számokhoz folyamodunk. Előfordulhatnak tehát ilyformán jelzett csillagok: F. Tauri, 31. Aquarii stb. Körülbelül 100 felöttlő csillagnak van saját, többnyire arab eredetű neve; így Véga más néven ugyanaz, a mi  $\alpha$  Lyrae, Aldebaran nem más, mint  $\alpha$  Tauri, Merak a. m.  $\beta$  Ursae Majoris. A fénylő, vagyis szabad szemmel látható csillagok hat osztályra, úgynevezett *rendre* (magnitudo) oszthatók. Elsőrendű az ég húsz legeslegfényesebb csillaga és a következő rendűek száma nagyjában geometriai arányban növekedik. Hatodrendűek azok a csillagok, melyek derült, holdvilág nélküli éjeken épen csak észrevehetők. A XVI. fejezet elején közöljük a legfényesebb csillagok neveit és a III. és IV. táblán megtalálhatjuk az égboltozaton való helyzetöket.

**Alkalmas csillagtérképek.** — A III. és IV. táblán feltüntetett csillagtérképek az összes fényesebb csillagokat, melyek az Egyesült Államokban<sup>1</sup> láthatók, elének állítják. Mindkét táblán az alsó vagy sötétszinű térkép a csillagos ég hű másolata és a felső térkép csak kulcs az alsóhoz. A kicsiny méretek daczára a csillagképek jól látszanak a sötétszinű térképeken és egyes csillagok és csillagképek a kulcs segítségével hamar fellelhetők. Hogy a térképeket az éggel kapcsolatba hozhassuk, képzeljük az éggömböt kisebbitett alakban, teszem labdanagyságban. Északi sarkára helyezzük a (III. táblán levő) kerek térkép középpontját és gondoljuk, hogy a (IV. táblabeli) téglalapalakú térkép úgy van a labda köré tekerve, hogy a térkép vízszintes vonala a labda egyenlítőjével egybeessék. Valamint

<sup>1</sup> És egész Közép-Európában.

a térképek a labdára téve, ehhez nem simulhatnak teljesen, ha nem szabdalunk rajtok s nem illesztjük őket a labdához. úgy némi eltorzulást kell tapasztalnunk, különösen a hosszúkás térkép teteje és alja felé, ha a térképeket az igazi égbolttal összehasonlítjuk. Ez az összehasonlítás bármely évszakban könnyen végezhető, csak azt tartasuk szem előtt, hogy (esti 8 óra számára) a III. tábla épen észak felé tartandó, a könyv pedig akkép fordítandó, hogy az a hónap, mely megfigyelésünk ideje, a kerek térkép legfelső részét alkossa, azaz függőlegesen a Sarkcsillag fölött legyen, mely csillag közel van a térkép középpontjához. Ekkor a hónap nevének közvetlen közelében levő csillagképek a megfigyelő zenitjében vagy ennek táján található. Hasonlókép kell a IV. táblával is tennünk: forduljunk arcczal épen *dél* felé és este 8 órakor a hónap neve alatt levő csillagok a zenit közelében lesznek található; e mellett a hosszúkás térkép egy czentiméterrel vagyis 20 fokkal átfog a másikba. A téglalap-alakú térkép közepe felé a megfelelő hónap alatt az égi egyenlítőnél fekvő csillagok található és a térkép alján a déli szemhatáron feltűnő gyengén látható csillagok. A térképnek minden függőleges vonala a legfölül olvasható hónapban esti 8 órakor a megfigyelő délkörével esik egybe. Ha a megfigyelés ideje nem esti 8 óra, akkor minden két óra időközre egy-egy későbbi hónap számítandó; például novemberben 10 órakor a december alatt levő csillagok található a délkörben. Hasonlóképen a III. tábla is esti 8 óránál későbbi időre az óramutató járásával ellenkező irányban forgatandó, egy hónappal minden két óra után. Ha például decemberben esti 6 órakor óhajtjuk vizsgálni az északi sark körüli égboltot, akkor állítsuk a könyvet függőlegesen, hogy november legyen legfölül.

**A sarkkörüli csillagképek.** — Különösen megjegyzésre méltó *Ursa Major*, a *Nagy Medve* a III. tábla alja felé. Hét fényes csillaga (Magyarországon, mint *Gönczölszekér*) Amerikában ‚Dipper‘, Angolországban ‚Charles’s Wain‘ néven általános ismeretes. A rúdtól legtávolabb levő két csillag joggal vezércsillagnak nevezhető; a rajtuk áthúzott egyenes vonal épen a Sarkcsillagot éri, mint a nyil mutatja. E csillagpár kölesönös távolsága öt fok és minthogy e két csillag majd-

nem mindig a szemhatár felett van, nagy szögtávolságok mérésére jó mértékegységet szolgáltat. A rúd hajlásánál van *Mizar* és ehhez igen közel *Alkor* gyöngye fényű csillagoeska. Midőn *Mizar* épen a Sarkcsillag fölött vagy ez alatt áll, akkor ezen két csillag az igazi délkörben van és ezért az igazi északi irányt mutatja (119. lap). A fentemlített egyenes vonal hamar rávezet bennünket a Sarkcsillagra, mely másodrendű csillag (közel van a III. tábla középpontjához). Környékén nincs a két vezércsillagnál fényesebb. A Sarkcsillagtól kiindulva, apró csillagok iver hajlik a Gönczöl rúdja felé és elér egyik harmadrendű csillagpár felsőjéhez. Ez a pár és a másik, vele párvonalos, mely távolabb fekszik, a *Kis-Gönczölt* alkotja, melynek rúdja végén van a *Sarkcsillag*. Ez a csoport az *Ursa Minor* (Kis Medve). Szemben a Nagy-Gönczöl rúdjával és majdnem ugyanakkora távolságban a Sarkcsillagtól öt meglehetősen fényes csillag szétlapított W betűt alkot. Ezek *Cassiopeia* főbb csillagjai.

**A csillagképek megismerése.** — Ezen a csekély, de biztos alapon hamar szerezhethünk jártasságot az északi éggömb csillagképei között. Nagyon ajánlható eljárás a csillagképek emlékezetből való lerajzolása és a rajzoknak az égboltozattal való összehasonlítása. Egy órai megfigyelés, korai szeptemberi estén, megtanít arra, hogy a Gönczöl leszállóban van az északnyugati szemhatár felé, *Cassiopeia* pedig felkel északkelet felől. Majdnem a fejünk felett áll *Véga*. *Capella*, a III. tábla jobboldali széle felé eső nagy csillag, nemsokára felragyog északkeleten, mélyen lent, a szemhatár peremén. Az északi csillagképek ismerete az első és leglényegesebb kellék; egyenkint kell velök megismerkedni, függetlenül attól, hogy bizonyos időben minő helyzetűek a horizonhoz képest; mert van az évnnek oly része, a melyben mindegyikök felfordítva látható. Oly biztos tudást kell szereznünk, hogy minden csillagképre egy pillantással ráismerjünk, bármilyen helyzetű legyen a horizonhoz képest.

**Az egyenlítői öv csillagképei.** — A fontosabbak valamennyien meg vannak nevezve a IV. táblához való kulcsban. Egy sem feltünőbb *Orion*-nál, mely téli éjszakáink dicsőn ragyogó csillagképe. Egészen közel van hozzá *Sirius*, az égboltozat

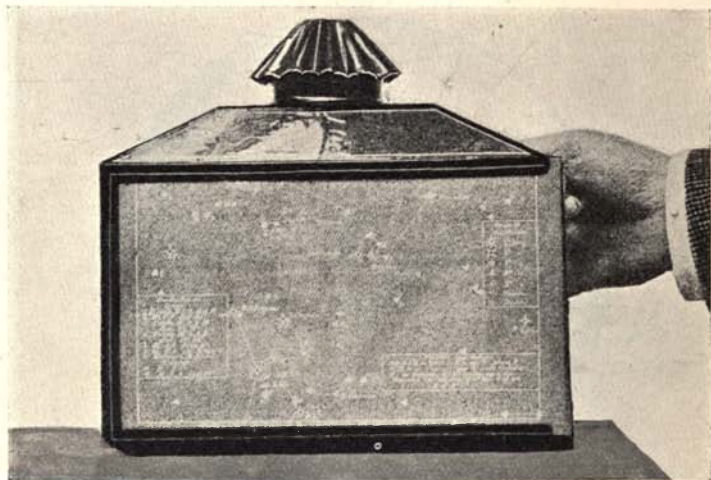
legfényesebb csillaga, mely *Procyon*-nal és Orionnak két főcsillagával nagy, valóságos gyémántlánczot alkot, melyet a napfordulati kolúr vagy a hat órai elhajlási kör szel ketté. Kelet felé, *Procyontól Regulus*-ig nagyterjedelmű háromszög alkotható csillagokból, még tovább keletre pedig annál is nagyobb: *Spica*-val és *Arcturus*-szal. Hasonló önkényesen választott alakzatok segítségével, mint a milyenek a kulcsban is láthatók, minden csillagkép egymásután könnyen emlékezetbe véshető, míg az évszakok körfolyama betelt. Az ekliptika legnagyobb körét, térképünkön az egyenlítőnek mintegy nagy hullámát sem nehéz kinyomozni. A Kostól kezdve körülhúzódik az égen s e csillagképbe ismét visszatér.

**A csillagképek tanulmányozásának segédeszközei.** — Talán legkönnyebben használható és mindenképen legcélszerűbb az ismeretes forgatható égbrosz. Ezzel minden látható csillagkép hamarosan feltalálható, a Nap, bolygók és csillagok felkelési és lenyugvási ideje meghatározható, számos egyszerű feladat csinosan megoldható. Más kitűnő segédeszköz a „csillaglámpa“, melyet JAMES FREEMAN CLARKE szerkesztett. Elül homályosra csiszolt, tolható üvegfala van, melynek eresztekeibe a csillagképek rajzaival ellátott lapokat csúsztathatunk, mint képünk mutatja. De a lámpa főekességét teszik az említett lapokba szúrt apró pontok, melyek nagysága az illető csillag rendje szerint igazodik. BAILEY lámpája hasonló készülék ugyanoly célra.<sup>1</sup> Égglóbust is szoktak olykor használni a csillagképek tanulmányozására, de ez az eljárás némi nehézséggel van összekötve, mert valamennyi csillagkép megfordítva látható a fölületen és a megfigyelő kénytelen elképzelni, hogy a gömb közepén áll és kifelé néz. Áttekinthetően rá vannak rajzolva a gömbre a *B)* rendszer körei, egyenlítő, kolúrok és az elhajlásnak körei, rendszerint az ekliptika is. (Lásd rajzunkat a 69. lapon.) A glóbus a sarkokon levő tengelyvégekben forog az MM réz-délkörgyűrű belsejében, mely körökörül csúsztatható saját síkjában a H vízszintes körbe vágott mélyedések között. A glóbust be kell állítani, azaz oly helyzetbe juttatni, hogy az éggömb pillanatnyi állásának meg-

<sup>1</sup> REVIZOR már régebben használ lámpaernyőt, mely a csillagos ég képe.

felelő legyen. E végett a gömböt állványostól forgatjuk, míg a rézgyűrű a délkör síkjába jut és most a rézgyűrűt saját síkjában forgatva, az északi sarkot a hely szélességével egyenlő szöggel emeljük.

**További segédeszközök.** — Ha az a cél, hogy teljesen ismerjük az égboltozatot, leglényegesebb kellenek a jó csillag-térkép, minőt nagy gonddal készített PROCTOR, vagy KLEIN, vagy SIR ROBERT BALL vagy UPTON. E kényelmes térképgyűjte-

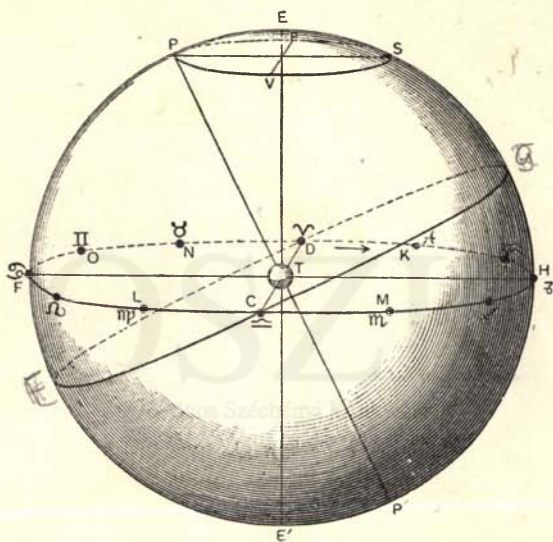


35. ábra.

Égi térkép fényes csillagokkal.

mények bármelyikéből a csillagos égnek csakhamar azt az alapos ismeretét merithetjük, mely a tanulmányozásba mélyedésnél vajmi hamar arra ösztönöz bennünket, hogy távcsövet is beszerezzünk. Csillagjegyzék (catalogus) segítségével bármely égi testet felkereshetünk, ha a térképeken nincs is feltüntetve, csak aequatorealunk legyen, a melyet már leírtunk (49. lap). Egyszerű vonalzóval vagy mutatóval helyettesítve a csövet, azt a czélszerű műszert kapjuk, melynek neve *Rogers féle „csillagkereső”*. Kezdő a legegyszerűbb távcsövet is jól használhatja. SERVISS műve: *Astronomy with an Opera Glass* (A csillagos ég színházi látcsövel) eléggé tanúsítja, mily bamu-

latos hasznát vehetni a legcsekélyebb optikai segédeszköznek. Ha már három hüvelykes (75 mm. nyílású) távcső áll rendelkezésünkre, nagyon sok alkalmas kézikönyv van hozzá, melyek közt legkitünőbb *Half Hours with the Stars* (rövid kirándulások a csillagos égen) PROCTOR-tól. Ez utóbbit követheti WEBB munkája: *Celestial Objects for Common Telescopes*<sup>1</sup> (Kisebb távcsövekkel figyelhető égi testek), mely valóságos tárháza mindenféle értékes égi tudnivalónak.



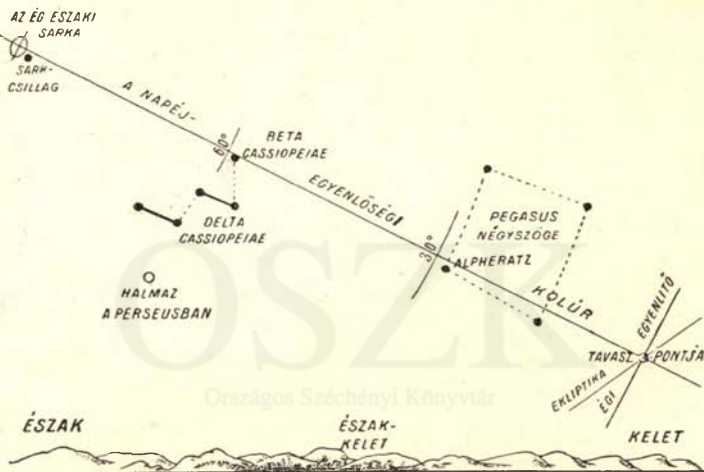
36. ábra.

Éggömb és állatövi jegyek.

**Az állatöv.** — Képzeljünk az égen két szélességi parallelt az ekliptikától mindkét oldalon nyolcz foknyira; ezzel 16 fok széles öv keletkezik, melynek neve *állatöv*. Sem a Hold, sem a fényesebb bolygók bármelyike nem léphet ki ezen övből. Körülbelül kétezer év előtt HIPPARCHOSZ régi görög csillagász mind az ekliptikát, mind az állatövet 12 egyenlő részre osztotta, melyek hosszúsága egyenkint 30°; ezek az

<sup>1</sup> Vagy németül: H. J. KLEIN. Anleitung zur Durchmusterung des Himmels.

állatöv jegyei. A csillagképeket, melyek akkor az illető jegyek helyén álltak, névszerint és sorrendjükben már közöltük a 36. lapon; de idő teltével az egyezés lassankint megszűnt, a mit a VI. fejezet végén bővebben meg fogunk magyarázni. Rajzunkban a vízszintes ellipszis az ekliptikát ábrázolja és minden jegy kezdetén a megfelelő jelkép látható. *E* az ekliptika pólusa, *P* az ég északi sarka és a dült ellipszis azt mutatja, hogy hol övezi az egyenlítő az éggömböt. Az ekliptika



37. ábra.

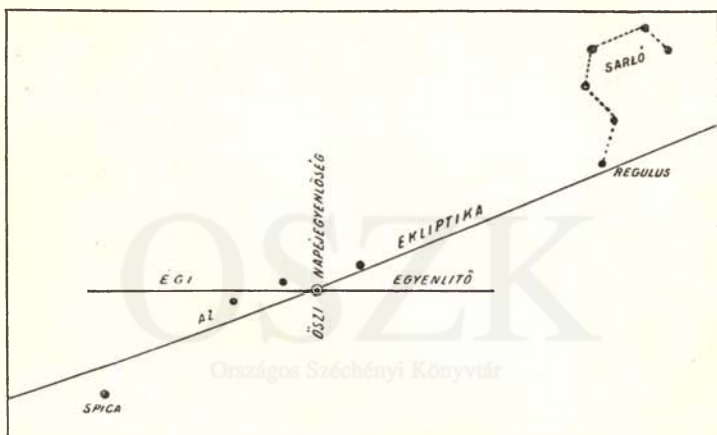
A tavaszpont felkeresése.

tikai öv jegyeit emlékezetet meghaladó idő óta mint a hónapok és a váltakozó évszakok jelképeit használták.<sup>1</sup> Napjaink pontos csillagászatában már nincs alkalmazások az állatövi jegyeknek; az égi testeknek az ekliptikához való helyzetét nem a jeggyel határozzuk meg, melynek tájékára esnek, hanem a pontos hosszúsággal. Az állatövi jegyek általánosan elfogadott jelképei minden jegynek 0, vagy kezdő-pontjának helyével rajzunkon láthatók. Kezdeni kell *Aries* (Kos) 0<sup>o</sup>-ával.

<sup>1</sup> Gyűjteményekben számos régi állatöv képe látható; a leghíresebb talán a *denderah-i*, melyet a párisi *Bibliothèque nationale*-ban őriznek. *R.*

azután az óramutató járásával ellenkező, tehát a Nap évi mozgásával egyező irányban haladunk, vagyis a nyíllal ellenkezőleg.

**A napéjegyenlőségi pontok helye a csillagok között.** — A földi helyek hosszúságát nemzeti jelentőséggel bíró helyeken áthaladó első délköröktől számítjuk. De a napéjegyenlőségi kolúr, mely az ég első meridiánja, tisztán képzelt vonal és nincs oly észrevehető módon, fényes csillagok által kijelölve, mint méltán várhatnók. Mindamellett nagyon fontos, hogy legalább nagyjából meg tudjuk határozni, milyen hely-



Déli horizon.

38. ábra.

Az őszi pont helyének meghatározása.

zetük van a napéjegyenlőségi pontoknak a csillagok között. A tavaszpont őszi és téli éjjel eléggé alkalmas esti órában a szemhatár fölött áll. Helyét úgy találjuk, hogy egy vonalat (órákört) a *Sarkcsillag*-tól délre *Béta Cassiopeiae* csillagon át meghosszabbítunk, mint rajzunkból látható.

E két csillag körülbelül  $30^\circ$  távolságra van. Még harmincz fokkal odább, ugyanazon irányban az *Alferatz*<sup>1</sup> csillag (Alfa Andromedae) található, mely épen oly fényességű, mint *Béta Cassiopeiae*. Minthogy pedig a tavaszpont az egyenlítő-

<sup>1</sup> Szokásosabban *Szirrah*.

nek pontja és az egyenlítő  $90^{\circ}$ -nyira van a sarktól, még  $30^{\circ}$ -kal kell dél felé tovább mennünk, Alferatzon túl; és ezen a majdnem csillagtalan tájékon azonnal meglelhető a tavaszpont. A tavaszpont száz év alatt is alig mozdul e helyről annyira, hogy ezt szabad szemmel való megfigyelés útján észrevehesük. A Sarkcsillagtól a tavaszpontig terjedő órákörnegyed igen közelítőleg a napéjegylenlőségi kolárnak is negyede. Mint-hogy Alferatz és Béta Cassiopeiae nagyon közel vannak hozzá, egyenes emelkedésök (rectascensio) körülbelül 0 óra. Tavaszi és nyári estéken az őszpont van alkalmas esti órában a szemhatár felett; mint a tavaszpontot, ezt sem jelzi fényesebb csillag, de nagyjából a *Spica* (Alfa Virginis) és az ettől nyugatra levő *Regulus* (Alfa Leonis) összekötő vonalának két-ötödében van, mint a mellékelt rajz mutatja.

**Az ekliptikának bármely időben való kijelölése az égen. —**

Az égen csak elképzelt körök sokkal nagyobb érdeklődést keltenek tanulmányozás közben, ha helyöket a nap és az éjszaka bármely órájában (ha csak közelítőleg is) kijelölhetjük. Ehhez csak két pont szükséges az égen. Nappal segítségünkre van a Nap, mert középpontja egyszersmind az ekliptika pontja. Ha a Hold a szemhatár fölött van, ő szolgáltatja közelítőleg a második pontot. Most képzeljünk oly sikot, mely a Napon, a Holdon és az észlelő szemén átmegegy; ez a sik jelzi az ekliptika fekvését. Hasonlóképen, három vagy négy nappal a negyednek nevezett holdfázison belül maga a Hold alakja nagyon közelítőleg jelöli meg az ekliptika irányát. Kössük ugyanis össze képzeletben a Hold csúcsait egyenes vonallal; az erre merőleges egyenes mindkét irányban meghosszabbítva igen megközelítőleg adja az ekliptikát. Kora esti órában a feladat megoldása könnyebb. Az év éjszakáinak körülbelül felerészében az egyik pontot a Hold szolgáltatja. Rendszerint azonban egy vagy több fényesebb bolygó is látható (Venus, Mars, Jupiter, Saturnus) s már megemlítettük, hogyan lehet ezeket a legfényesebb állócsillagoktól megkülönböztetni. Miként a Hold, úgy e bolygók egyike sem távozik messzire az ekliptikától; ha tehát a felsoroltak közül bármely két égi testen át fektetjük képzelni sikunkat, az ekliptikának irányát már kijelölhetjük az égbolton.

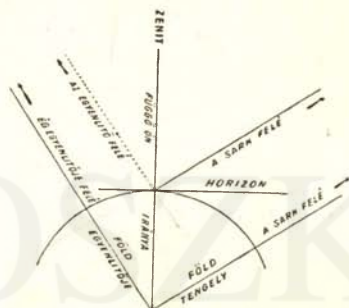
Ha a Hold és a bolygók láthatatlanok, csak az ismert csillagok helyzetére támaszkodhatunk, de nagyon kevés fényes csillag van az ekliptika közelében. A *Fiastyúk*-ra (Plejádok) és *Aldebaran*-ra (Alfa Tauri) bármely őszi vagy téli estén könnyű ráakadni; közöttök pedig épen közepén halad el az ekliptika. Télen és tavaszkor az *Oroszlán* (Leo) sarlója nagyon szembetűnő és *Regulus* (Alfa Leonis) csak egy holdtányérra van az ekliptika valódi helyétől. Nyáron *Spica* (Alfa Virginis), majdnem épen oly kedvező helyen van; kevésbé mondhatjuk ezt *Antares*-ről (Alfa Scorpii), mely azonban az ekliptikától délre nincsen több, mint 10 holdtányérra. Késő nyári és őszi estéken *Delta Capricorni*, mely valamennyi most említett csillagnál gyengébb fényű, az ekliptika fekvését oly tájékon mutatja, hol fényes csillag majdnem egyáltalában nem fordul elő. Minthogy az említett csillagok úgy vannak az égbolton elhelyezve, hogy mindig legalább kettő látható egyszerre a horizon felett, segítségükkel az ekliptika fekvését megközelítőleg meghatározhatjuk.

**A földrajzi szélesség meghatározása.** — Ha már tudjuk, hogyan ismerkedhetni meg a csillagokkal és csillagképekkel a mi szélességünk alatt, legközelebbi teendők annak kifürkészése, hogy látszólag miképen változik a csillagok pályafutása, ha a Föld más és más részéről vizsgáljuk. Világos, hogy a pályák nem változnak, ha csupán kelet vagy nyugat felé haladunk. Azt kell tehát tisztáznunk, mi hatása van a szélesség változásának. Figyeljük meg a Sarkcsillagot: már figyelmeztettünk e könyvben arra a körülményre, hogy közepes északi szélességű vidékeken, mint az Egyesült Államok,<sup>1</sup> a Sarkcsillag körülbelül fele úton van a horizon északi része és a zenit között. Az igazi északi sark  $1^{\circ} 15'$ -nyire vagy két és fél holdtányérra van a Sarkcsillagtól. A ki kellő fajtájú jó műszerrel és az ügyes csillagász gyakorlottságával rendelkezik, egész pontossággal megmérheti a Sarkcsillag magasságát, mikor az a sark *alatt* áll. Tizenkét óra múlva, a mikor a Sarkcsillag épen a pólus *felett* áll, újra megmérjük magasságát. A két magasság középértéke néhány csekély, de szük-

<sup>1</sup> Vagy Közép-Európa.

séges javítás alkalmazásával igazi magasságát adja ama kis kör középpontjának, melyet a Sarkcsillag látszólag mindennap leír a sark körül. Az a középpont az igazi északi sark; és bármilyenek találjuk magasságát, ez utóbbinak, mint geometriailag könnyű bebizonyítani, akkorának kell lennie, a mekkora a megfigyelés helyének északi földrajzi szélessége.

**A szélesség egyenlő a sarkmagassággal.** — Akár gömbnek, akár lapult sphaeroidnak tekintsük a Földet, az a szög, melyet a függő a Föld egyenlítőjével bármely helyen alkot, a szélességgel egyenlő. (Lásd a rajzot.) Minthogy az égi egyenlítő egyszerűen a földi egyenlítő síkjának kiterjesz-



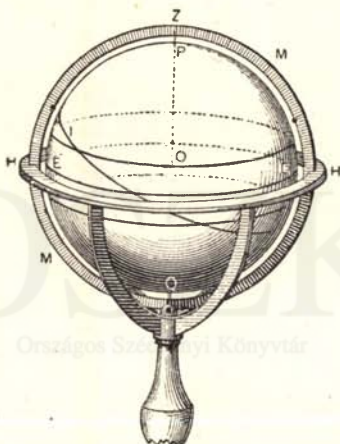
39. ábra.

A szélesség egyenlő a sarkmagassággal.

tése, a zenit elhajlása ugyanaz a szög, melyet szélességnek mondunk. Vizsgáljuk most a két derékszöget a megfigyelő helyen; *a*) azt, melyet az ég egyenlítője a tengelylyel és *b*) azt a másikat, melyet a függő iránya a horizonttal alkot, a zenit és a sark felé húzott vonalok szöge a két derékszög közös része. Így tehát a zenit elhajlása egyenlő a sarkmagassággal. Következésképpen *bármely hely sarkmagassága egyenlő e hely szélességével.*

**Észak felé menet a sarkcsillag emelkedik.** — Ha már most valaki a Föld felületén  $1^{\circ}$ -kal észak felé halad, az ég északi sarkának látszólag  $1^{\circ}$ -kal emelkednie kell. Legyen például a szélesség  $42^{\circ}$ , ekkor  $48^{\circ}$ -nyi (5343 km.-nyi) utat kell észak felé tennünk, hogy a Föld északi sarkához érjünk. És mert az ég sarkának magassága szintén  $48^{\circ}$ -kal nőtt, vilá-

gos, hogy e pontnak a zenittel kell egybeesnie. Ha valamely szerencsés sarki utazó el fogja érni az északi sarkot, bizonyosak lehetünk, hogy a meddig ő ott tartózkodik, a Sarkcsillag majdnem a feje felett lesz és mindennap egyszer oly körben járja körül a zenitet, melynek átmérője körülbelül öt holdtányérnyi. Ily esetben valamennyi más csillag ama piczi körrel és a horizonttal párvonalas körökben tenné meg egy napi útját. A csillagoknak e sajátos mozgása, melyet a sarkról tekintve végezni látszanának, az álló tengelyű gömb (sphaera parallela) elnevezésre adott alkalmat.



40. ábra.

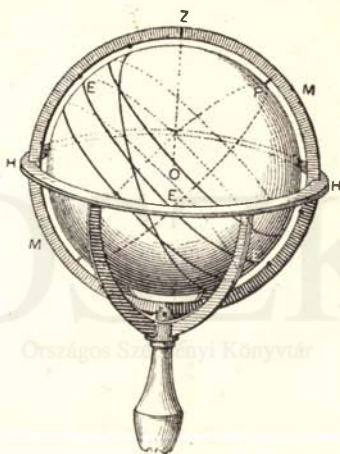
Álló tengelyű gömb (glóbus beállítása a póluson).

**A csillagok napi mozgása a sarkról nézve.** — Az északi sarkon a kelet- és nyugat-, valamint az észak-irány értelme elenyészik; csak dél felé mehetünk onnan, bármerre vesszük útunkat. Az északi sarkon állva, a csillagokat folytonosan balról jobbra, a horizonttal párvonalas körökben látnók körüljárni. Ott tehát sem felkelésökről, sem lenyugvásokról nem lehet szó. Minden látható csillag a maga almukantarátját 24 óra alatt járja be. E közben magassága állandó, az azimutja pedig az idővel arányosan változik. E változás egyforma gyorsasággal történik, akármilyen az illető csillag elhajlása. Ezek a sphaera parallela tünetnényei. Az egyenlítőtől északra

levő valamennyi csillag éjjel-nappal a horizon fölött van és a délre levők közül egyetlen egy sem látható soha. Ha a megfigyelő Földünk déli sarkán állna, a csillagoknak mozgása a horizonhoz képest teljesen az volna, mint előbb, az északi sarkról nézve, de valamennyi látszólag jobbról balra haladna. Az égbolt látható csillagai épen azok volnának, melyeket az északi sarkról soha sem lehet megpillantani.

**A csillagok napi mozgása közepes szélesség alatt.** —

Az északi sarkvidékekről térjünk most vissza közepes szélességű helyekre, hol az északi szélesség  $45^{\circ}$ , mint például



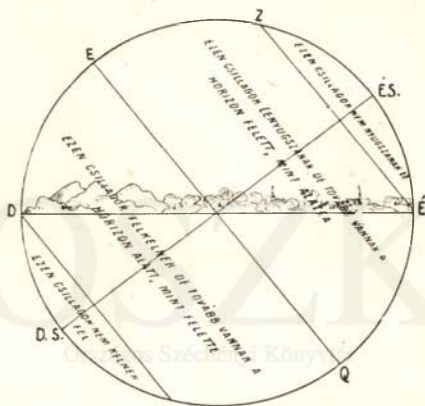
41. ábra.

Dült tengelyű gömb (a glóbus állása Magyarország számára).

*Maine* és *Wisconsin*<sup>1</sup> tájékán. A sark is lejebb szállt és épen  $45^{\circ}$ -ra van a horizon felett; következésképen a folytonos láthatóság határköre, vagyis az az északi parallel-kör, mely a horizon északi részét épen érinti, annyira zsugorodott, hogy a gömbön  $90^{\circ}$  átmérőjű. Semmiféle, a zenit és az északi horizon között látható csillag le nem nyugodhatik. Hasonlóképen a folytonos láthatatlanság köre, mely a sohasem látható csillagok mesgyéjét határolja,  $90^{\circ}$  átmérőjű; ez a kör a déli elhajlás parallelje, mely alulról a déli horizontot érinti.

<sup>1</sup> Vagy hazánkban Fiume és Pancsova.

Ezért a csillagok középső öve, mely részben a horizon felett, részben alatta van,  $90^\circ$  szélességű. E szélesség mértéke a horizon felett a zenittől a délpontig, a horizon alatt az észak-ponttól a nadirig nyúló körnegyed. Miként a sarkvidékeken, úgy itt is az égi egyenlítő felezi az övet. Ez utóbbinak északi felében a csillagok hosszabb ideig láthatók, mintsem láthatatlanok és minél inkább észak felé vannak, annál tovább időznek a horizon fölött. Ez övnek déli elhajlású csillagai hasonlóképen hosszabb ideig láthatatlanok, mintsem láthatók és minél tetemesebb a déli elhajlások, annál tovább időznek



42. ábra.

A folyton látható és nem látható csillagok öve.

a horizon alatt (*dült tengelyű gömb, sphaera obliqua*). Ezzel megmutattuk, hogy az éggömbnek geometriája mikép ad számot a csillagok látszólagos mozgásáról.

**A csillagok napi mozgása az egyenlítőről nézve.** — Itt a szélesség zerus és minthogy az északi sark magassága mindig akkora, mint az északi szélesség, az északi sarknak most magában a horizonban kell lennie. Minthogy a két sarknak kölcsönös távolsága  $180^\circ$ , nyilvánvaló, hogy a déli sarknak most a déli horizonba kellett jutnia. Ezért az egyenlítő a zeniten halad át, a csillagok pedig csak függőleges síkban kelhetnek, delelhetnek és nyugodhatnak. Innen a *fekvő tengelyű gömb* (*sphaera perpendicularia*) neve. A csillag napi pályája tehát a

parallel körével azonos. De mekkorák a folytonosan látható és a folytonosan láthatatlan csillagok határkörei? Világos, hogy ezeknek mindinkább kisebbedniök kell, a mint dél felé haladunk. A folytonosan látható csillagok határköre most csak pont — az északi sark maga; a sohasem látható csillagok határköre szintén pont — a déli sark. Nincs tehát csillag, mely innen mindig látható, vagy mindig láthatatlan volna. A csillagok egyenlítői öve, mely egy ideig látható és a napi 24 óra másik felében láthatatlan, annyira megnagyobbodott,



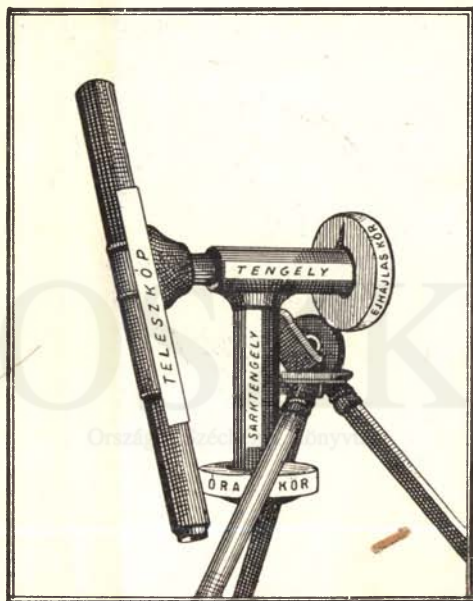
43. ábra.

Fekvő tengelyű gömb. (A glóbus állása az aequator alatt).

hogy az egész égboltozatot felöleli. Minden egyes csillag, bármilyen az elhajlása, 12 csillagórát tölt a horizon felett, 12 órát alatta és ez így váltakozik örökön örökké.

**Az aequatoreal különböző szélességek alatt.** — Ha visszaemlékezünk, hogy az aequatoreal főtengelyét mindig az ég sarka felé kell irányítani, könnyen átlátható, milyen szerkezetet kell adnunk a műszernek, hogy különböző szélességek alatt alkalmazható legyen. Az északi sark felett, ha e helyen aequatorealra szükség volna, a sarktengely függőlegesen állna (l. a rajzot) és a műszer semmiben sem különböznék az altazimuttól. A mint a sarktól alacsonyabb szélességek felé haladunk, a

sark tengely megfelelő módon dől a függőlegeshez, míg nem az egyenlítő alatt tényleg vízszintessé válik, mint rajzunk ábrázolja. Milyen a közepes szélességű helyeken felállított aequatoréal, már láttuk (a 49. lapon). Nem kell gondolni, hogy a szélesség változása és a sark tengely megfelelő hajlása az aequatoréal egyéb részeinek viszonyát bármiként is módosítja. A sark tengely mindig a délkörben van; magassága pedig,



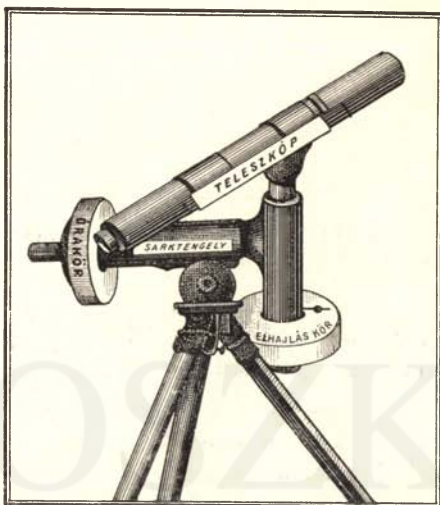
44. ábra.

Parallaktikus távcső a póluson felállítva.

vagyis a sark felé mutató végének emelkedése, mindig akkora, mint a szélesség. A világ minden csillagvizsgálóján található aequatoréalok sark tengelyei egymás között párvonalosak.

Nagy, vagy legalább hat hüvelykes (15 cm. nyílású) aequatoréalok szerelésénél az állványt vagy oszlopfőt már eleve oly alakban készítik, hogy a sark tengely ágya a távcső rendeltési helyének szélessége szerint álljon; kisebb műszereken, melyek hordozható aequatoréaloknak neveztetnek, a sark tengely bősője rendszeren szorítócsavarral van erősítve az osz-

lophoz, állványhoz vagy háromlábhoz; ekkor a sark tengely akkép hajlítható, hogy tetszés szerinti szélességnek megfelelően, melyet fokosztályos köríven vagy másképp beállíthatunk. Ily hordozható, vagy univerzális aequatoreal lényeges része a fogyatkozásokra vagy egyéb célra kiküldött csillagászati expe-



45. ábra.

Parallaktikus távcső az aequatoron felállítva.

ditiók felszerelésének. Minthogy a sark tengely megfordítandó, ha egyik féltekéről a másikra viszik, az óramű mozgásának is megfordíthatónak kell lennie, mert a csillagok mindkét féltekén keletről nyugatra mozognak.

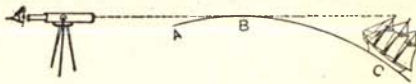
Legközelebbi vizsgálatunk tárgya a lakóhelyünkül kijelölt *Föld* csillagászati tekintetben, a *Föld* alakja és nagysága, valamint az egyszerű elvek és módszerek, melyekkel ilyenmű ismereteinket szerezhethjük.

## V. FEJEZET.

### A FÖLD MINT GÖMB.

Eredetileg abban, a HOMÉROSZ költeményeiben is olvasható nézetben voltak a Földről, hogy ez mérhetetlen, lapos, köralakú sík, melyet Okeánosz regebéli folyó, nem az Atlanti-tenger hatalmas árja vesz körül. Fent — úgy gondolták — üres kupola határolja, melyet az embereknek kényelmére és gyönyörűségére keresztül-kasul járnak be az égi testek.

**Hogyan képzelték hajdan a Földet?** — ANAXIMANDER (Kr. e. 580) a Földet függőleges henger lapos, köralakú metszeté-



46. ábra.

Tengerszint görbülete (torzítva).

nek tekintette, melynek felső végét, Görögországot, a Földközi-tenger venné körül. HERODOTOSZ (Kr. e. 460), kinek kiterjedt földrajzi ismeretei voltak, nevetségesnek találta azt a gondolatot, hogy a Föld lapos és köralakú. PLÁTÓ (Kr. e. 390) koczkának tartotta a Földet. Még sokkal későbbi időben is, Kr. u. 550-ben, COSMAS derékszögű négyszögnek rajzolta a Földet, kétszer akkora hosszúsággal (kelet és nyugat irányban), mint a milyennek a szélességét vette (északtól délnek), mely felfogásból ered a *hosszúság* (longitudo) és *szélesség* (latitudo) elnevezés is; a négyszög négy sarkán az eget támasztó pillé-

rek emelkedtek volna. BEDA VENERABILIS (Kr. u. 700) azt az elméletet állította fel, hogy a Föld tojásalakú, a vizen úszik és mindenütt tűz környezi. Már sokkal korábban THALESZ (Kr. e. 600) PYTHAGORASZ-szal (Kr. e. 530) egyetemben azt a tant hirdette, hogy a Föld gömbalakú. Ennek ellenére a téves hiedelem századokon át fenmaradt, mielőtt a valóságot, hogy a Föld gömbalakú, teljesen belátták. A legutolsó kétséget is eloszlatta MAGELLAN híres tengeri utazása, midőn egyik hajója legelőször körüljárta a földet a XVI. században és három év leteltével visszatért kiindulási pontjához.



47. ábra.

A hajó tisztán látható, a víz ködszerű.

**A Föld görbületét szemmel látni.** — Minél magasabbra emelkedünk a Föld felülete fölé, annál messzebbre terül a szemhatár. Ha a tenger közepén valamely szigetnek hegycsúcsára állunk, észreveszszük, hogy szemünk minden irányban egyformán lát, mi annak a jele, hogy a Föld gömbalakú. De meggyőzőbb kísérleti bizonyítékot is találhatunk. Kiterjedt tó vagy tengerrész partján derült időben, mikor a hajók messze láthatók a vizen, magas épületnek vagy szirtnek tetején állítsunk fel távcsövet (mint rajzunk jelzi). A hajóig elterülő vízfelületet nem fogjuk tisztán látni, de az árbocot és vitorlakötélzetet igen élesen, ha minden körülmény kedvező. Most húzzuk ki a

távcső nagyítóját annyira, hogy a vizet a szemhatár szélén élesen körvonalozva lássuk. A hajó egyes részei ekkor elmosódottan és határozatlanul tűnnek elő, mert a hajó távolabb van, mint a főtéstét eltakaró víztömeg. Ismételjük meg a kísérletet; állítsuk be ugyanazon látómezőben a távcsövet felváltva a hajóra és a vízre; ekként szemmelláthatólag be fog bizonyulni, hogy a Föld felülete látásunk vonalától elgörbül. Akárhol végezzük ezt az egyszerű kísérletet, az eredmény ugyanaz lesz; ebből tehát következtethetjük, hogy a Föld gömbölyű, mint a labda.



48. ábra.

A víz tisztán látható, a hajó elmosódva.

**A telegráf is bizonyítja, hogy a Föld gömbölyű.** — Az elektromos telegráffal is bizonyíthatjuk, hogy a Föld nem sík. Ha a Föld sík volna, a helyi időnek mindenütt egyenlőnek kellene lennie. Ez a képzelt állapot *Denver, Chicago* és *New-York*<sup>1</sup> pontokra nézve rajzunkban van feltüntetve. A három pontból a Naphoz húzott egyenes vonalak párvonalosak, mert e pontok kölcsönös távolsága a Nap igazi távolságához képest teljesen elenyésző. Ha tehát az a szög, melyet a délkörrel az ettől keletre levő Naphoz húzott vonal alkot, délelőtti 10 órá-

<sup>1</sup> Vagy a rajz pontosságán belül Páris, Budapest és Moszkva. *R.*

nak felel meg az egyik helyen, kell, hogy d. e. 10 óra legyen mindenütt. De ha Chicagóban d. e. 10 órakor telegráf útján megkérdezzük New-Yorktól és Denvertől, hány óra van ott, az lesz a felelet, hogy Denverben kilenczet mutat az óra és New-Yorkban tizenegyet. Tehát a Nap New-Yorkban a dél-körtől kelet felé 15, Chicagóban 30 és Denverben 45 fokra látszik, mint a rajz is mutatja.<sup>1</sup> Tehát a három hely délkör-síkjai nem lehetnek párvonalosak, mint az első idevágó rajz-ból következne, hanem összehajlanak a Föld belsejében, mint a második rajz mutatja.

Telegráfvonalak és kábelek segítségével összehasonlították a helyi időket majdnem az egész Föld körül, *San-Franciscotól*



Országos 49. ábra. Könyvtár

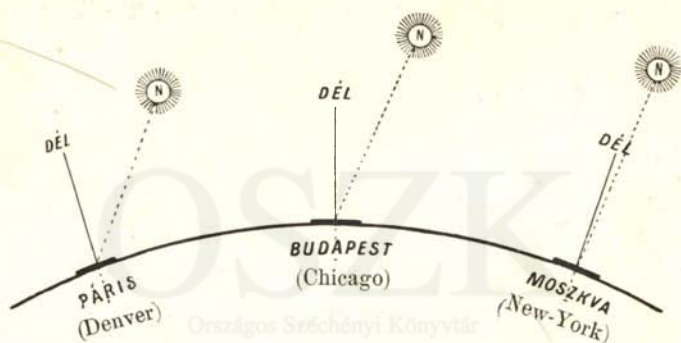
Sík földön a helyi idő mindenütt ugyanaz.

kelet felé *New-Yorkig*, az Atlanti-tengeren át a keleti féltekén Európában és Ázsiában Japánig. Mindenütt úgy találták, hogy a délkörök síkjai lefelé összehajlanak, úgy, hogy valamennyi-nek *egy* vonalban kell összetalálkoznia. Ennek a geometriai feltételnek csak oly test felelhet meg, melynek minden, ama közös vonalra merőleges metszete kör. Következésképpen a Föld keleti és nyugati irányban gömb módjára görbül; és ha

<sup>1</sup> Ha Budapesten helyi időben d. e. 10 óra van, akkor Párisban és Moszkvában a helyi idő 8 ó. 53 p., illetőleg 11 ó. 45 p. Minthogy a francia és orosz vasúti szolgálat a párisi és szentpétervári helyi idő szerint, a magyar vasút ellenben középeurópai idő szerint igazodik, a mely csak 16 percczel késik a budapesti helyi időhöz képest, a fenti példa számadatai igen közel a *gyakorlatban* is állanak és a Nap Moszkvában, Budapesten és Párisban szintén közel a fentjelölt ivallel áll a dél-körtől keletre.

a Föld különböző részein észak vagy dél felé haladunk, a csillagok delelési magasságában mutatkozó folytonos változás tanúsítja, hogy a Föld északi és déli irányban is ugyanígy görbül. Ámde minden, különféle helyeken észlelt görbület egymással majdnem megegyező; ezért a Föld közel gömbalakú.

**A Föld mérésének története.** — Mig általános hiedelem szerint a chaldeusoktól ered a Föld kerületének első becslése (38,000 km.), addig a görögök már ARISZTOTELESZ óta (Kr. e. 350) figyelemreméltó kísérleteket tettek, hogy e fontos feladatot, mely minden csillagászati távolság mérését szükségkép megelőzi, meg is oldják. ERATOSZTHENESZ (Kr. e. 240) és KLEOMEDESZ



50. ábra.

A Föld mint gömb; a helyi idő a hosszúságtól függ.

(Kr. u. 150) a gnomont használta a Föld egy fokának mérésére és lényegében már ismerte a geometriának e feladat megoldásában való alkalmazását, a mint ez mai napig divik. Ők úgy vélték, hogy *Syene*  $7^{\circ} 12'$ -nyire van *Alexandriától* dél felé, és minthogy e két helynek egymástól való távolságát 5000 stádiumnak találták, a következő arányból

$$7^{\circ}.2 : 360^{\circ} = 5000 : x$$

a Föld kerülete értékeül 250,000 stádiumot számítottak (körülbelül 38,500 km.).

POSIDONIUS (Kr. e. 260) hasonló mérést végzett *Rhodus* és *Alexandria* között. Időszámításunk IX. századának elején AL-MAMUN arab kalifa utasította csillagászeit, hogy a Föld egy délkörívének első tényleges mérését végezzék *Szindzsar* síkján,

az Arab-tenger közelében. Fából való mérőrudakat használtak, de az eredmény bizonytalan, mert a megfelelő csillagászati megfigyelések nem ismeretesek.<sup>1</sup> FERNEL Franciaországban a XVI. század elején szintén megmérte a Földnek egy ívét. Hasonló módszert követett, mint ERATOSZTHENESZ és ezzel megkezdte a geodéziai mérések ama ragyogó sorozatát, mely a következő századokban oly nagy mértékben hozzájárult Franciaország tudományos tekintélyének növeléséhez. PICARD is pontosan mért meg egy délkörívet 1671-ben és e mérést felhasználta NEWTON, hogy vonzási törvényét igazolhassa.

**Geodézia.** — A geodézia a Föld pontos mérésének tudománya. Pontos geodéziai méréseket végeztek a XIX. század folyamán Angolországban, Oroszországban, Norvégiában, Svédországban, Németországban, Indiában és Peruban; azok a majdnem egész kontinensre kiterjedő mérések pedig, melyeket a *United States Coast and Geodetic Survey* 1897-ben fejezett be,<sup>2</sup> további és felette fontos adalékot fognak a Föld nagyságáról és alakjáról való ismereteinkhez szolgáltatni. Nyilvánvaló, hogy ezeket előmozdithatja a szélességi párhelykör egy ívének mérése is, épen úgy, mint a délkörívé. Az első esetben a csillagászati feladat az, hogy a megmért ív végpontjaihoz tartozó hosszúságok különbségét meghatározhassuk, az utóbbi esetben a szélességek különbségét keressük. A tulajdonképeni geodéziai eljárások — melyeknek célja annak meghatározása, hogy egyik állomáshely a másiktól hány kilométer, méter és decziméter távol van — közvetett mérések rendszerén alapulnak, melynek neve háromszögelés (triangulatio).

**Háromszögelés.** — Bár PTOLEMAEUS (Kr. u. 140) megmutatta, hogy mérhetni délkörívet a nélkül, hogy rajta végig menve, mérőrudat mérőrúdhoz illesztenénk, e fontos útmutatásnak első alkalmazása WILLEBRORD SNELL XVII. századbeli németalföldi matematikusnak érdeme. A háromszögletan (trigonometria) az a tudomány, mely megtanít bennünket a háromszög ismert részeiből az ismeretleneket kiszámítani. Ha egy

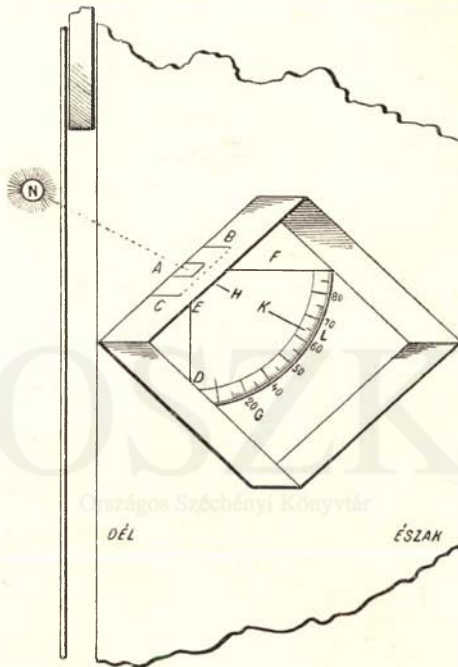
<sup>1</sup> A fok hossza e mérés alapján állítólag  $26\frac{2}{3}$  arab mf. R.

<sup>2</sup> És azok, melyek 1861 óta BAEYER indítványára az európai fokmérés czimén egész Európaszerte folytonosan haladnak. R.

oldal és a két mellette fekvő szög ismeretes, a többi oldalak, bármilyen legyen egymáshoz való viszonyuk, mindig kiszámíthatók. Beláthatjuk tehát, hogy csak egyetlen, rövid oldalt kell (a lehető legnagyobb gonddal) mérnünk, a többi oldalt a számolás sokkal egyszerűbb, kevésbé fárasztó és jóval pontosabb úton szolgáltatja. Háromszögelésen azt az eljárást értjük, melynek útján két egymástól távol levő pontot háromszögek láncolata vagy hálózata által kötjük össze, hogy kölcsönös távolságukat pontosan meghatározhassuk. A legelső, méterről méterre tényleg megméréndő háromszögnek rövid oldala az *alap* (basis). Nagyobb pontosság kedvéért az alaponalat sokszor újra meg újra mérik. Ezentúl csak szögeket kell mérni, főleg vízszintes szögeket; a munkának ezt a részét altazimut-műszerrel végzik. Nem bocsátkozhatunk annak fejtegetésébe, hogy a kissé bonyolult módszer miképen vezeti le a megfigyelések és számítások meglehetősen nagy tömegéből az egyetlen keresett eredményt. Az alaponal ne legyen túlságosan rövid; a végpontokat úgy választjuk, hogy *kedvező alakú háromszögeket* kaphassunk. Természetes, hogy egyenlő oldalú háromszög a legnagyobb mértékben alkalmas; és jó ítélőképesség kell annak eldöntésére, hogy mennyire szabad eltérni ez eszményi alaktól. A 257. lapon ábrázolt háromszög, melynek alapja a Földnek átmérője, a legnagyobb mértékben kedvezőtlen alakú. SNELL alaponalát *Leyden* városa közelében mérte, de kelleténél rövidebb volt; — akkor még a távcsövet sem használhatták fel pontos szögmérésre és végül SNELL némely háromszöge nem is volt kedvező alakú, minek következtében a Föld nagyságára nézve hibás eredményre jutott. A jelenkor geodétái az ő műszerének minden alapelvét változtatlanul fentartották, de a kivétel minden részletében javításokat végeztek.

**A Föld nagysága és térfogata.** — Ilyenmő munkálatok eredményeül úgy találták, hogy a Föld legrövidebb átmérőjének hossza, vagyis a két sark közötti távolság 12,713 km. Az egyenlitő síkjában földgömbünk átmérőjének hossza 12,756 km., a mi körülbelül  $\frac{1}{300}$  részszel több, mint a két sarkot összekötő átmérő. Ez a tört valamivel kisebb, mint a Földnek lapultsága vagyis a sarkoknál mutatkozó összenyomottsága.

Legújabb mérések arra utalnak, hogy az egyenlítő is némileg elliptikus, de ez az eredmény még nincsen feltétlenül bebizonyítva. Úgy vehetjük tehát, hogy a Föld alakja ellipszoid, három egyenlőtlen átmérővel vagy tengelyvel.<sup>1</sup> Ha ismerjük e három tengely hosszát, a Föld térfogatát is kiszámíthatjuk. Úgy találták, hogy a Föld térfogata 1 billió 83 ezer millió



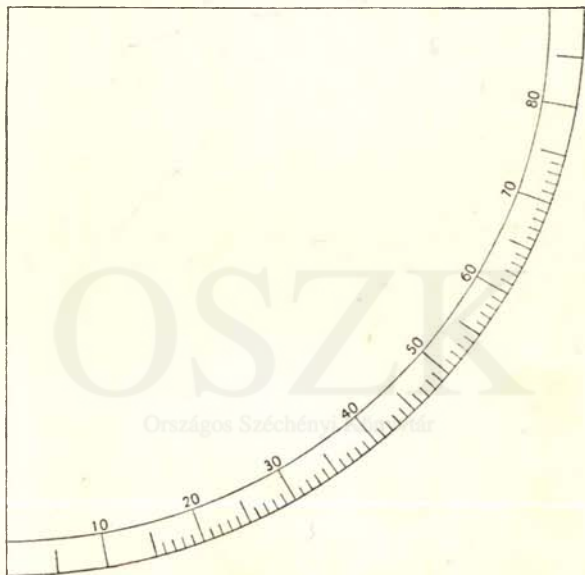
51. ábra.

Földrajzi szélesség-meghatározás egyszerű módon.

köbkilométer. Minthogy a Föld nagyságát legelőbb is úgy határozták meg, hogy a délkörív hosszát megmérték és ezt az ív két végpontja földrajzi szélességeinek különbségével összehasonlították, mindenekelőtt a szélesség meghatározásának egy könnyű módszerét fogjuk leírni.

<sup>1</sup> Az egyenlítő két tengelye gyakorlatilag teljesen egyenlőnek mondható; a Föld tehát egyszerűbben és nem kevesebb pontossággal forgási ellipszoidnak vagy sphaeroidnak alakjával bír. R.

**A szélesség meghatározása.** — Valószínű, hogy bármely földrajzi térképről nagyobb pontossággal olvashatjuk le tartózkodási helyünk szélességét, mint a milyennel a leírandó módszer szerint meghatározhatnók. De az utóbbinak alapjául szolgáló elvet gyakran alkalmazza a csillagász és a tengerész; fontos tehát teljes átértése és gyakorlati kipróbálása, ha nincs is egyéb eszközünk, mint a függő és egy kemény papírból való doboz.

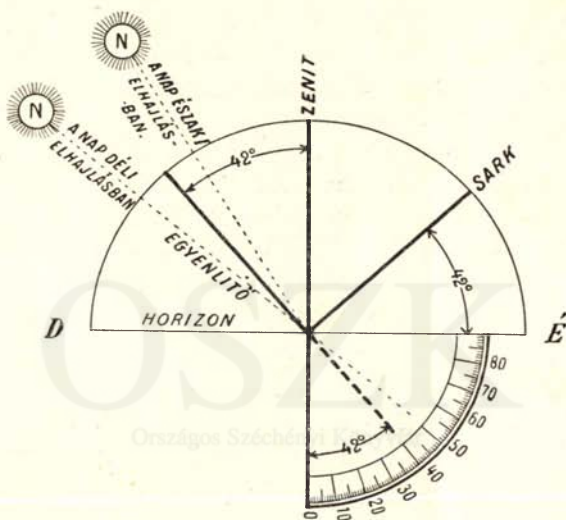


52. ábra.

Fokokra osztott körnegyed.

Válaszunk oly dobozt, melynek oldalai körülbelül 15—20 cm. hosszúak. Mélysége nem lényeges, 10—12 cm. épen megfelel. A keskenyebb oldal közepén, közel a doboz fenekéhez mintegy 5 milliméter oldalhosszal bíró négyzetes nyílást vágunk (*A*), melyet belülről levélpapírral beragasztunk (mint ábrákon *BC*). Most lemásoljuk körülbelül 10 centiméternyi sugárral a mellékelt, fokokra osztott körnegyed kemény papírra, vagy sima deszkára és kivágásánál különösen ügyeljünk, hogy a derékszöget alkotó szélei pontosan a vonalba essenek. A kis quadrans a doboz fenekére úgy ragasztandó, hogy a körív középpontja, azaz a

derékszög csúcsa épen érintse az *A* nyílást fedő papirszeletkét. Még egy dolog, és észlelő dobozunk teljes: épen a körnegyed csúcsával szemben, körülbelül  $1\frac{1}{2}$  mm.-re a síkja felett tüvel lyukat szúrunk a levélpapírosba. Most oly ablakot választunk, mely épen dél felé néz és a dobozt az ablak-ráma nyugoti oldalára akkép szegezzük, hogy a körnegyed síkja lehetőleg a délkörbe essék. Rajzunk, melyben *F* a bevert szeg, mutatja, miképen kell a dobozt odaerősíteni. Elül finom



53. ábra.

Szélesség = zenittávolság + elhajlás.

fonalú függőt akasztunk a dobozra és addig forgatjuk műszerünket az *F* szeg körül, míg az *ED* vonalat a függő fonala szemünk előtt takarja. Ekkor e vonal is függőleges és a doboz a második *G* szeggel végleg megerősíthető e helyzetében. Dobozunk most kész a szélesség meghatározására.

**Az észlelés menete.** — Bármely napon, a mikor felhőtlen az ég, körülbelül félórával a Nap delelése előtt, a tüvel szúrt lyukon áthaladó napsugár fényes hosszúkás napképet rajzol *H*-nál. A mint a Nap mindjobban közeledik a délkörhöz, ama kép is lassankint *K* felé halad, miközben elnyúlik és fénye folyvást csökken. Közvetlenül a Nap delelése előtt képe *KL*

fénylő csikként tűnik fel, mely körülbelül egy fél fok széles és a körnegyed felosztásán túl megy. Az észlelést azzal fejezzük be, hogy a fénycsik közepének helyét leolvassuk az ívről fokokban és a fokok törtrészeiben, a mennyire ezeket szem-mértékkel megbecsülhetjük. Legjobb a leolvasott értéket fokokban és ezek tizedrészeiben jelezni.

**A megfigyelés kiszámolása (reductiója).** — Csak *egy* tudományos elvre van itt szükségünk, mert a mi szélességünk alatt a levegő sugártörése (91. lap) mindig elenyésző mennyiség. Nézzük meg a Nap elhajlását az alant következő táblázatban. Az 53. ábra mutatja, mikép alkalmazhatjuk ez adatot az ívről történt leolvasásra. Ha az elhajlás déli, levonjuk az ívről leolvasott értékből és a maradék a szélesség. De ha a Nap elhajlása északi, hozzá kell adnunk az osztásunkról leolvasott értékhez és az összeg mutatja a szélességet. A körívről leolvasható érték a Napnak zenittávolsága; és az egyedüli, de sarkalatos igazság, melyre szükségünk van, az: hogy a sark magassága (vagy a zenit elhajlása) akkora, mint a szélesség.

**A Nap elhajlása.** — A Nap elhajlása a Napnak északi vagy déli szögtávolsága az ég egyenlítőjétől. Értéke napról-napra változik, a mint a következő táblázatból látható:

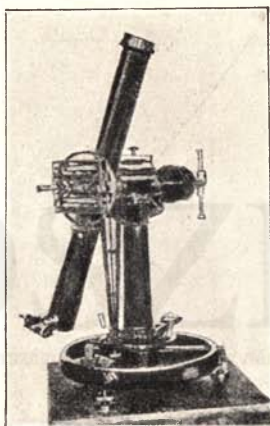
A Nap elhajlása a látszó délben.

Kelet	Decl.	Kelet	Decl.	Kelet	Decl.
Jan. 1	23°1 D.	Máj. 1	14°9 É.	Aug. 29	9°6 É.
11	21°9 D.	11	17°7 É.	Szept. 8	6°0 É.
21	20°0 D.	21	20°0 É.	18	2°1 É.
31	17°6 D.	31	21°8 É.	28	1°7 D.
Febr. 10	14°6 D.	Jún. 10	23°0 É.	Okt. 8	5°6 D.
20	11°2 D.	20	23°4 É.	18	9°4 D.
Márcz. 2	7°5 D.	30	23°2 É.	28	12°9 D.
12	3°6 D.	Júl. 10	22°3 É.	Nov. 7	16°1 D.
22	0°4 É.	20	20°8 É.	17	18°8 D.
Ápr. 1	4°3 É.	30	18°7 É.	27	21°0 D.
11	8°1 É.	Aug. 9	16°1 É.	Decz. 7	22°5 D.
21	11°6 É.	19	13°0 É.	17	23°3 D.
Máj. 1	14°9 É.	29	9°6 É.	27	23°4 D.

E táblázat az 1902. évre vonatkozik ugyan, de az itt elért pontosság mellett minden tetszőleges évben használható.

A közölt értékek az év minden tizedik napjára vonatkoznak. A bármely közbeeső napnak megfelelő értékek arányosan veendőek.

**A szélesség pontos meghatározása.** — Bár az imént leírt módszer, mely csak megközelítő eredményt ad, mint tudományos alapelvnek magyarázója nem minden érték nélkül való, a csillagász már nem veheti hasznát, mert lehetetlen a nagyon tetemes hibákat kiküszöbölni, melyek vele össze vannak kötve.



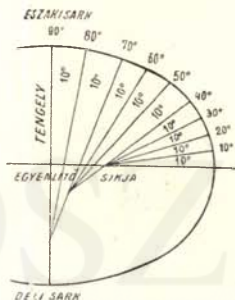
54. ábra.

Zenit-távcső. (WARNER ÉS SWASEY.)

A csillagásznak számos más út van rendelkezésére, melyek közül a legjobbat a zenitben delelő csillagok nyújtják. (Egyenlő zenittávok vagy Horrebow-Talcott-féle módszer.)

Az ezek mérésére való műszer neve *zenit-távcső*. Válaszunk két csillagot akkép, hogy az egyik épen annyira deleljen a zenittől északra, mint a mennyire a másik attól délre. A távcső finom libellával bír és bármely állásban megszorítható. Midőn az első csillagot észleltük, a libellát beállítjuk, azután a műszert  $180^{\circ}$ -ra elfordítjuk, jól vigyázva, hogy a libellát meg ne bolygassuk. A második csillag szintén a látómezőn fog áthaladni, mert most a távcső ép olyan messzire mutat a zenittől az egyik oldalra, mint a mennyire a másikra

az előbbi helyzetben mutatott. Mindkét csillag elhajlását pontosan kell ismerni és ez adatok csekély javításokkal, melyek a műszer természetétől és a levegő állapotától függenek, módot szolgáltatnak arra, hogy a szélességet nagy szabotossággal meghatározzuk. A zenit-távcső, rendszeren kisebb műszer, körülbelül 1 méter magas. Azt, a melyet rajzban bemutatunk, DOOLITTLE a pennsylvaniai egyetem *Flower Observatory*-jában a jelen fejezet végén említendő rendkívüli kényes megfigyelések végzésére használta. Változatlan helyzetű csillagvizsgálók szélességét rendszeren a meridiánkör segítségével határozzák meg (leírását l. a IX. fejezet végén).



55. ábra.

A szélességi fokok megnyúlása a sark felé.

**Szélességi és hosszúsági fokok nagysága.** — Az egyenlítő egy fokának hossza 111,3 km. Az egyenlítő tájékán a hosszúsági fok majdnem egyenlő a szélességgel, az utóbbinál csak mintegy  $\frac{1}{150}$  részzel nagyobb. A mint az egyenlítőtől távozunk, a hosszúsági fokok mind gyorsabban kisebbednek, mert a délkörök a sarkokban összefutnak. A szélesség  $57\frac{1}{3}$ -ik foka alatt a hosszúsági fok 60 kilométerre apadt; ha itt nyugati vagy keleti irányban utazunk, minden hosszúsági percznek 1 kilométernyi út felel meg. Az Egyesült Államokban a hosszúsági percz átlagos hossza 1,4 km.<sup>1</sup>

Ha különböző szélességek alatt mérjük a délkörfokokat, kivétel nélkül annál hosszabbaknak találjuk, minél közelebb

<sup>1</sup> Hazánkban  $1\frac{1}{4}$  kilométer.

jutunk a sarkhoz. Ezért a délkörök görbületének a sark felé kisebbednie kell, mert minél kisebb valamely kör görbülete, annál hosszabb ívet ölel át. Rajzunk ezt az összefüggést igen túlzottan tünteti fel, mert a tényleges különbségek nem tetemesek; az egyenlítőnél egy szélességi fok hossza 110·6 km. az Egyesült Államokban 111·0 km.,<sup>1</sup> a sarknál 111·7 km. Az a szög, melyet a Föld valamely helyéről a középponthez húzott egyenes vonal az egyenlítő síkjával alkot, ama helynek geocentrikus szélessége, és e szélesség, meg a rendes vagy földrajzi szélesség különbsége a *függő eltérése a földugártól*. Ez a szög zérus a sarkon és egyenlítőn, a 45. szélességi fok alatt pedig mintegy 11' értékű oly értelemben, hogy a geocentrikus szélesség mindig kisebb, mint a földrajzi szélesség.

**Nehézség.** — Nehézségnek mondjuk azt az erőt, mely minden földi testet lefelé vonz, vagyis a függő irányában mozgatni törekedik. Minden tárgy, mint levegő, víz, épület, állat, föld, szikla, fém, e vonzás következtében megtartja helyzetét, és tőle kapják a tárgyak azt a tulajdonságokat, melyet (légüres térre vonatkoztatva nehézségnek, levegőben vagy más környezetben ellenben) súlynak nevezünk. Ha a földet kivájják alattunk, akkor — mint tudjuk — oly helyre kell esnünk, mely közelebb van a Föld középpontjához. Ha a nehézség nem volna, minden test, melyet erős láncz nem kötne a Földhöz, a legkisebb indításra, mozgó erő nélkül, szabadon járhatna be a világtért. A nehézség végokát még nem tudták kifürkészni, de hatásának törvényét teljesen megismerték (I. XIV. fejezet). Ez a hatás kisebbedik, ha magasabbra emelkedünk; egy ezered részszel kisebb a 3200 m. magas hegy tetején. Egy és ugyanazon helyen állandó a nehézség és minden tárgyra egyformán hat. A testek adott magasságból és, ha nem tartóztatja fel semmi, valamennyien ugyanazon idő alatt esnek le a Földre.

Kísérletileg meggyőződhetünk erről, ha két oly tárgyat használunk, melylyel szemben a levegő nagyon különböző ellenállást fejt ki — ezüst dollárt (5 koronást) és darabka 4 cm.<sup>2</sup>-nyi selyempapirost. A pénzt hüvelyk- és mutató-ujjunk között víz-

<sup>1</sup> Hazánkban 111·2 km.

szintes helyzetben gyengéden tartjuk és próbáljuk leejteni, de úgy, hogy esés közben vízszintes helyzetben maradjon. Majd leejtés előtt a papirost könnyedén a pénzdarab tetejébe teszszük. Papiros és pénzdarab egyszerre ér le, mert a pénzdarab útjában félretolta a levegőt, a mivel lehetővé vált, hogy a nehézség a légkör ellenállásától nem befolyásolva hasson a papirdarabra. Ez ellenállás érezhető módon nem késlelteti az ezüstpénz esését, de nagyon lassítaná a papírét. Kísérleti berendezésünknel a papirra ható ellenállás elesvén, mindkét test ugyanazon magasságon át ugyanazon idő alatt esik.

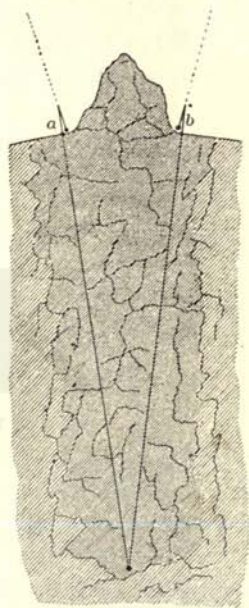
**A Föld alakját az inga is meghatározhatja.** — Ha gondosan szerkesztett és változatlan hosszúságú ingát a földfelület egyik pontjáról a másokra viszünk, a csillagok járása szerint szabályozott órákkal való összehasonlítások útján úgy találjuk, hogy az inga lengéseideje, mely alatt a lengési ívét leírja, változásnak van alávetve. RICHER volt az első, ki ezt 1672-ben tapasztalta, Párisból Cayennebe az előbbi helyen pontosan szabályozott órát vitt, mely megfigyelései szerint az utóbbi helyen naponta 2 percz 28 mperczcel hátramaradt, miért is szükségessé vált az ingát megfelelően megrövidíteni. Már most fordítsuk meg a dolgot, hagyjuk meg változatlanul az inga hosszát és jegyezzük fel, hogy mennyit siet vagy késik oly helyeken, melyek nagyon különböző szélességűek és hosszúságúak; akkor lehetséges lesz e helyeknek a Föld középpontjától való távolságát egyenkint meghatározni, mert ismeretes az a törvény, mely szerint az inga lengései a Föld középpontjától való különböző távolságokban észlelhető nehézségi erővel összefüggnek. A tenger színén New-York szélessége alatt az oly inga, mely 1 mp. alatt egy lengést tesz, 993·2 mm. hosszú,<sup>1</sup> és az ingák lengéseideje hosszúságok négyzetgyökével arányosan változik. A Föld felmérésének e nemét nehézségi vagy inga-felmérésnek nevezik és mint láttuk, ingalengések megfigyelése által végzik.

Ily módon kiderítették, hogy a nehézség-erőnek a Föld sarkainál körülbelül  $\frac{1}{190}$  részzel nagyobbak kell lennie, mint az egyenlítőn. De hogy a Föld alakját meghatározhassuk,

<sup>1</sup> Budapesten a másodperczinga hossza 993·8 mm.

ez eredményt még javítani kell, mert a Föld vonzásának hatását (a sarkok kivételével) mindenhol csökkenti a tengelyforgás előidézte központfutó (centrifugalis) erő. Legnagyobb e csökkenés az egyenlítőn; értéke  $\frac{1}{289}$ . Ha e számot  $\frac{1}{190}$ -ből kivonjuk, a maradék körülbelül  $\frac{1}{555}$ . E számeredményből következik, hogy a Föld egyenlítőjének fél átmérője  $21\frac{1}{4}$  km.-rel hosszabb, mint a sarki félátmérő, a mi egyszersmind igazolja a dél-körívek mérésével kapott eredményeket. Ingamegfigyeléseket számos oly helyen is tehetni, hol a földfelület oly szabálytalan, hogy a háromszögelés kivihetetlen. Ezenkívül az inga-lengések nem egy érdekes tény derítettek ki a Föld kérgére vonatkozólag; különösen fontos felfedezés, hogy hegységeink alatt a kéreg üreges vagy legalább is laza, míg a tenger és alföldek alatt tömeghalmozódások kimutathatók. Amerikai fizikusok, kik e kutatásokban kiváló részt vettek, PEIRCE és PRESTON.<sup>1</sup>

**A Föld tömege.** — A Föld tömege hatezer trillio ( $5988.10^{18}$ ) tonna. E számértéknek talán nem nagy hasznát vesszük oly czélból, hogy tisztán felfogjuk, mekora a Föld súlya; de felkeltheti az érdeklődést ama módszerek iránt, melyek segítségével ez eredményre jutunk. Több módszert alkalmaztak; mi ábránk nyomán csak némileg körvonalozzuk ezek közül azt, melyet először alkalmaztak. Rajzunkban, mely a Föld egy részének metszetét ábrázolja meredek hegygyel a tetejében, a lefelé húzott egyenes vonalak (az egyik a hegynek északi, a másik déli oldalán van) a Föld középpontjában találkoznak. Kifelé a csillagok irá-

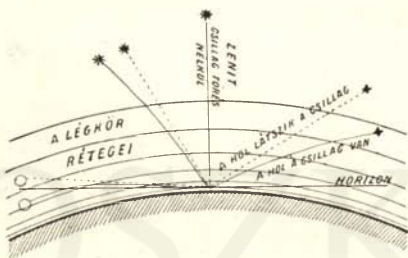


56. ábra.

A Föld súlyának meghatározása.

<sup>1</sup> Hazánkban jóval korábban Sterneek R. tett ilyenmí kiterjedt megfigyeléseket. Módszerét az európai fokmérés állandó munkatervébe vette fel.

nyában meghosszabbítva, mindkét vonal az illető hely (*a* és *b*) zenitje felé mutatna, ha nem volna ott a hegy. De a hegy vonzásával maga felé téríti a mindkét oldalán elhelyezett függőt, úgy hogy a két hely szélességkülönbsége a pontozott vonalak és a Föld középpontja felé húzott vonalak szögének különbségével nagyobbnak látszik. De az *a* és *b* pontok szélességének igazi különbsége meghatározható, ha a hegyet hosszméréssel és háromszögeléssel megkerüljük. A mérés kellő kiterjesztésével megkapjuk egyszersmind a hegynek térfogatát; a geologus sziklarétegeit is megvizsgálhatja és ekkor tényleges tonnákban kifejezett súlyát kiszámíthatni. Majd a



57. ábra.

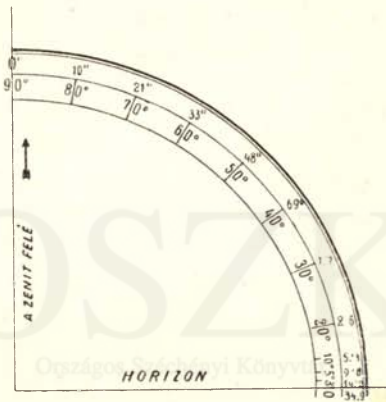
A levegő sugártörése emeli a csillagot.

függő ily módon megmért eltérése alapján számolás útján a Föld és a hegy súlyát egymáshoz mérik és a fentebbi, tonnákban kifejezett eredmény a Föld és a hegy tömegeinek arányából következik. E fontos kutatásra legelőször a skótsági *Schiehallion* hegyet használták fel körülbelül százharmincz év előtt. Különböző módszerek szerint végrehajtott mérések eredménye az, hogy a Föld középsűrűsége  $5\cdot6$ .<sup>1</sup> Ennek jelentése a következő: Ha volna oly gömb, mely vízből állna és épen akkora tért foglalna el, mint a földgömbünk, az igazi Föld  $5\cdot6$ -szor annyit nyomna, mint ama vizgolyó.

**Légekőri sugártörés.** — Az egész Földet mindenhol lég-nemű közeg veszi körül, melynek neve légkör (atmosphæra). Ha a légkör teljesen nyugodt is, nevezetes hatással van a fénysugárra, a mennyiben irányából elhajlítja. Két, minden

<sup>1</sup> BÁRÓ EÖTVÖS LORÁND megbízhatóbb módszere  $5\cdot53$ -at ad. R.

gázzal közös tulajdonság szerepel a légeköri sugártörésnél, a levegő súlya és összenyomhatósága. A légkör valószínűleg legalább 160 km. magasságú és a nehézség minden részét függőlegesen lefelé húzza. Teljes súlya mintegy  $5000 \times 10^{12}$  (ötezer billió) tonna, mi a Föld súlyának  $\frac{1}{1.200.000}$  része. Képzeljük a légkört a Föld körül egyközepű gömbrétegekre osztva, mint rajzunk mutatja. A legalsó rétegre nemcsak annak a rétegnek súlya nehezedik, mely közvetlenül felette van, hanem valamennyi többi rétegnek összes súlya is. Világos



58. ábra.

A sugártörés különböző magasságokban.

tehát, hogy a levegő összenyomhatóságánál fogva a nehézségi erő minden réteget annál inkább megsűrít, minél közelebb érünk a földfelülethez. De minél tetemesebb a sűrűség, annál jelentékenyebb a sugártörés is és ennél fogva alacsonyabban fekvő rétegek a fénysugarakat nagyobb mértékben hajlítják el útjokból, inkább törik, mint a felsőbb rétegek.

**A fénytörés törvénye.** — A fénytörés törvénye szerint bármely égi testtől eredő fénysugarak, melyek a függő irányban érik a levegőt, lefelé függőleges irányban és elhajlás nélkül folytatják útjokat; de minden más, a levegőbe nem épen függőlegesen érkező fénysugár, tehát oly égi test fénysugara, melynek zenit-távolsága nem zero, mindinkább eltér az eredeti iránytól, még pedig annál jobban, minél közelebb

áll a csillag a horizonhoz. Minél kisebb a magasság, annál tetemesebb e sugártörés; minthogy pedig minden tárgy abban az irányban látszik, melyben utolsó sugáreleme a szemet éri, a fénytörés feljebb emeli az égi testeket és látszó magassága tehát nagyobb, mint az igazi magassága. A rajz mutatja a fénytörés változását a zenitől a horizonig.

Ha a magasság  $45^{\circ}$ , a sugártörés  $58''$ , tehát majdnem egy ivpercz; de a földfölület közelében oly gyorsasággal növekedik a légkör sűrűsége, hogy  $85$  fok zenit-távolságban a sugártörés  $9' 46''$ , tehát több, mint tizszer akkora, mint  $45^{\circ}$  magasságban; a legközelebbi  $5$  foknál pedig a növekedés még gyorsabb, úgy, hogy a horizonon a sugártörés már  $34' 54''$ . A sugártörés miatt majdnem minden csillagászati megfigyelés átszámolásában javítást kell alkalmazni. Rendszerint a hőmérő és barometer állását is le kell olvasni, mert a hideg levegő a melegnél sűrűbb és magas barometer állás a felső légrétegek okozta nagyobb nyomást jelez. A sugártörés értéke e két eset mindegyikében növekedik. A megfigyelő csillagász munkájának egy része abban áll, hogy meghatározza, mekkora volt a sugártörés, mikor megfigyelését adott magasságban végezte, és hogy az ebből eredő javítást kellően eszközölje. E munkát a kész *sugártörési táblázatok* tetemesen könnyítik.

**A légköri sugártörés hatásai.** — A Nap átmérője — mint látni fogjuk — körülbelül fél fok szög alatt látszik és mint-hogy a légköri sugártörés a horizonon közel ekkora értékű, nyilvánvaló, hogy a Nap tulajdonkép épen már a szemhatár alatt van, midőn lenyugtakor még épen e sík fölött látjuk. És minthogy az éggömb napi forgása folytán a Nap körülbelül két percz alatt tesz meg átmérőjével fölerő utat, a sugártörés a nappalt az Egyesült Államok<sup>1</sup> szélessége alatt körülbelül négy percczel meghosszabbítja; magasabb szélességek alatt e hatás jóval öregbedik. Könnyű továbbá átlátni, hogy a Nap a Földnek nem pontosan a felét süti, hanem ennél nagyobb részt, mert a sugártörés körülbelül  $64$  kilométer széles övet csatol hozzá, mely az egész földgömböt körülfogja

<sup>1</sup> És hazánk.

és a Nap felkeltének és lenyugvásának vonalával határos. A légkör sugártörésének további hatásai a Nap tányérjának amaz ismeretes eltorzulásaiban mutatkoznak, melyek gyakran láthatók épen naplemente előtt. A sugártörés nagyobb mértékben emeli a korong alsó szélét, mint a felsőt, függőleges átmérője látszólag nagyon csökken és a Nap határozottan lapultnak tűnik fel, oly tűnemény, mely télen jóval szembe-tünőbb, mint nyáron.

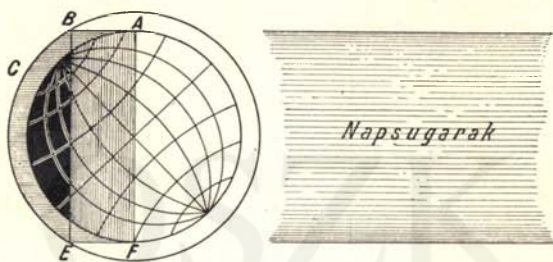
**A csillagok pislogása.** — A csillagok pislogása vagy scintillatioja a fénynek az a gyors villanása vagy rezgése, melyet főleg a légkör állapota okoz, bár részben sajátos fényök színének az eredménye. A levegőnek szerepe a pislogás előidézésében szembe-tünő, mert a csillagok tényleg a horizon közepében pislognak legelénkebben, a hol sugaraik vastagabb légrétegen keresztül jutnak el hozzánk.

Télen a csillagok pislogása élénkebb, mint nyáron; igen nagyfokú pislogásból némi biztonsággal közelgő esőre vagy óra lehet következtetni. A csillagok feltünő nyugtalansága annak jele, hogy a légkör sincsen nyugalmi állapotban, hanem különféle hőfokú áramlások és rétegek keverednek és örvénylenek egymás mellett. A csillagász ily esetben azt mondja, hogy a távcsöve „rossz képet“ ad és ilyformán nem nagy hasznát veheti a távcső nagyító erejének. A csillag fénye látszólag egyetlen pontból jő, tehát ha sugarai szabálytalan sugártörés következtében szétszóródnak, egyik pillanatban nagyon kevés sugár érkezik a szembe, másokban igen sok. Ez magyarázza a pislogó csillag fényességének változását. A fényesebb bolygókon rendszerint nem mutatkozik ily nyugtalanság, mert eléggé nagy korongjuk számtalan pontból összetettnek gondolható, mely pontok együttesen szokott fényességét átlag fenntartják. Ugyanazon magasságban a fehér vagy kék csillagok (Procyon, Sirius, Véga) legerősebben pislognak, a sárga csillagok (Capella, Pollux, Rigel) közepesen és a vörös csillagok (Aldebaran, Antares, Betelgeuze) legkevésbé.

**Szürkület.** — A mint a naptányér felső széle érinti a szemhatárt: feltűnik a reggel első sugara vagy elszáll este az utolsó napsugár. De jóval napkelte előtt és megfelelő ideig napnyugta után közvetett és tökéletlen világosság árad szét

a légkörben. Ez az *alkonyat és hajnal*, vagy összefoglalva a *szürkület*. A szürkület részben onnan ered, hogy a napfény a Föld légkörének felső rétegeiben visszaverődik. Minthogy a szürkület addig tart, míg a Nap  $18^{\circ}$ -ra süllyedt a horizon alá, időtartama közepes szélességek alatt az évszakok szerint nyilván igen tetemesen változik. De még nagyobb mértékű az a változás, mely magától a szélességtől függ. Terjedelmes szürkületi öv, mely több mint 2000 km. szélességű, teljesen körülöleli a Földet.

Ez az öv, *ABEF* a mi rajzunkban folytonosan körös-körül sikklik, a mint Földünk tengelye körül forog és egyik



59. ábra.

A szürkületi öv tél derekán.

széle a napkelte és napnyugta vonalának mentében, mindig szembe néz a Nappal. Az egyenlítőn, hol a Nap nappali pályája a horizonra merőleges, a forgó Föld a szürkület övének körülbelül  $1\frac{1}{4}$  óra alatt halad át. Az Egyesült Államok szélessége alatt a szürkület átlagos tartama  $1\frac{1}{2}$  órát meghalad és leghosszabb nyár derekán, a mikor két óránál tovább tart.<sup>1</sup> A Föld sarkainál a szürkület tartama  $2\frac{1}{2}$  hónap. Ha a Földnek nem volna légköre, szürkület sem támadhatna; az éjsötétsége átmenet nélkül követné a Nap lementét.

**A sarki fény.** — A sarki (gyakran csak északi) fény (aurora borealis) gyönyörű csíkos és változó világosság, mely szabályhoz nem kötött időközökben csak éjjel látható. Oly

<sup>1</sup> Nálunk a megfelelő adatok 1 óra 50 percz középben és nyáron 3 óra 6 percz.

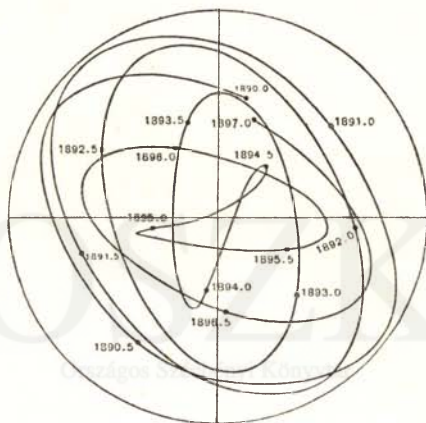
szélesség alatt, mint általában az Egyesült Államoké,<sup>1</sup> szelid rezgő sugárzasként tűnik fel, mely leggyakrabban az északi ég felé áramlik, esetleg egészen a zenitig nyúlik, de rendszeren félkörben vagy ívben nem terjed 30<sup>0</sup>-on túl felfelé. Valószínű átlagos magassága körülbelül 120 km. A sarki fény általában zöldessárga, de alkalmilag sötét rózsaszínű, halvány-kék és egyéb árnyalatú. A folytonos lobogás, némelykor a sugárvetést kísérő gyors lüktetés, titokzatos jelleget ad a tűneménynek, melyet csak fokoz az a körülmény, hogy mitsem tudunk okairól. Bizonyos, hogy ezek a földmágnességgel összefüggnek és bizonyos az is, hogy a mágnestűre erősen hat. A táviró- és egyéb mágneskészülékek legnagyobb megzavarása a legtündöklőbb sarki fény kíséretében lép fel. A csodaszerű látvány annál gyakoribb és erősebb, minél közelebb érünk az északi sarkhoz; szoros, bár nagyon tökéletlenül érthető összefüggésben van a napfoltok és a protuberantiák gyakoriságával. Mikor legtöbb a napfolt, a sarki fény is gyakori és erős. Valószínűleg nem egyéb, mint igen ritkult gázok elektromos fényjelensége.

A sarki fény szinképe nem folytonos (l. XI. fejezet) és korántsem mindig ugyanaz. Mindig megvan a jellemző zöld vonal; a többiek gyöngék és esetről-esetre változók. Némelykor úgy tetszik, hogy két szinkép is vetül egymásra. Hasonló tűnemény a déli féltekén a *délsarki fény* (aurora australis); a *sarki fény* (aurora polaris) mindkét félgömb hasonló fényjelenségének összefoglaló neve.

**A földsarkok vándorlása.** — Újból hivatkozva (a 29. lapon közölt) az északi sark körüli csillagok útjáról készült nevezetes fotografiára, ismét emlékeztetünk arra a körülményre, hogy mindez iveknek középpontja maga a sark. A Föld északi sarkát pedig úgy értelmezhetjük, hogy ez a Földnek ama pontja, mely épen az égi sark alatt van, vagy hogy oly pontja a Földnek, a hol a szélességi körök rendszerének középpontja pontosan a zenitben látszanék. De ha nem lehetséges, hogy e pontot elérhesse valaki, hogyan határozhatják

<sup>1</sup> És hazánké is, noha amott évente átlag 15, nálunk csak egy északi fény látható. R.

meg a csillagászok szabatosan a Föld felületén való fekvését? mikép dönthetik el, hogy változtathatja-e helyét vagy sem? Világos, hogy ennek csak egy módja van: lehető pontossággal és sűrű időközökben meg kell határozni világszerte elszórt számos helynek a szélességét. Ha úgy találjuk, hogy bizonyos hely, pl. *Berlin* szélessége lassankint növekedik, míg a földgömb ellenkező oldalán más hely, teszem *Honolulu* szélessége csökken, még pedig ugyanazon idő alatt ugyanakkora értékkel, abból azt kell következtetni, hogy a Föld tengelyének



60. ábra.

Az északi sark vándorlása 1890—1897.

fekvése magában a Földben egy keveset változik. Oly szabatosak a gyakorlati csillagászat módszerei, hogy az északi sark helyének meghatározásában a hiba nem lehet nagyobb, mint a mekkora valamely nagyobb eszkimó kunyhó tere. A Földnek majdnem valamennyi nagy csillagvizsgálója körülbelül 5000 kilométernyire van e sarktól; mégis, ha e fontos pont valamely rendellenes módon csak három-négy lépésnyi téren belül ingadozna, a változást amaz obszervatóriumok észrevennék a szélességükben beálló változás nyomán. A sarknak efféle ingadozása, melyet műszóval *szélességi változás*-nak neveznek, tényleg beigazolódott és módosítja mindama szabatos megfigyeléseket, melyeket csillagászok és geodeták a multban végeztek.

E legújabban felfedezett jelenség fizikai oka még nem állapítható meg egész bizonyossággal. De természetére és nagyságára nézve már eléggé tisztában vagyunk. A Föld északi sarkához közel fekvő középpontból írjunk le 18 méter átmérőjű kört, mint rajzunk mutatja. Ezt a kört 1890 óta pólusunk nem lépte túl. Mikép vándorolt a sark ez időtől 1897 kezdetéig, világosan jelzi a szabálytalan görbe vonal, mely a Föld legkülönbözőbb pontjain fekvő csillagvizsgálók pontos és gyakran ismételt szélesség-meghatározásának gondos taglalása alapján készült.

Csak kövessük szemünkkel a görbe vonal csavarodásait és meg fogjuk érteni, mit jelent az északi sark ingadozása vagy vándorlása. 1890 elejétől 1894 januárig — úgy látszik — nagyjában szűkülő esigavonal volt a görbe, melyen a sark 14 hónaponként egy-egy fordulót tett. A földgömb valamennyi pontjának szélessége megfelelő mértékben változik. CHANDLER (Cambridge-ben) volt az első, ki a szélesség változását tisztán fölismerte; e kutatásokat pedig PRESTON, DOOLITTLE, REES<sup>1</sup> Amerikában tovább fejlesztette. A sarknak e mozgását már eléggé tanulmányozták a csillagászok, hogy jövendő alakulását megjósolhassák; és valószínű, hogy az a mozgás — legalább 1904-ig — nem fog kilépni a szűk határok közül, melyeket itt kijelöltünk.

Ha a Föld a térben teljesen mozdulatlanul állna, sarkai nem mutatnák e nevezetes mozgást, mely részben onnan ered, hogy a Föld lassú tengelyforgást végez. Ezen utóbbi, úgy az elméleti, mint a gyakorlati csillagászatban főfontosságú, alapvető jelenséggel a legközelebbi fejezet foglalkozik.

---

<sup>1</sup> E megfigyeléseket az olasz FERGOLA kezdeményezte; kiváló európai kutatók e téren RADAU, HELMERT és ALBRECHT. R.

## VI. FEJEZET.

### A FÖLD TENGELYE KÖRÜL FOROG.

Idáig a körülöttünk levő égi testeknek csak látszólagos mozgásaival foglalkoztunk, melyeket a régi időben valódi mozgásnak tartottak. A Nap dicső ragyogása — úgy hitték akkor — a csillagos ég nagyszerű pompája, csak a Föld kedvéért van, a mely az embernek lakóhelye. COPERNICUS idejéig azt tartották, hogy tartózkodási helyünk királyi székként a világegyetem közepét foglalja el. Most már tudjuk, hogy a mi Földünk — bármennyire csökkenti ez ismeret a saját fontosságunkról táplált hitet — csak egyik és pedig ugyancsak kicsiny égi test a végtelen sok között, mely a világtérben szétszórva olyanformán mozog, mint a porszemecskék, melyeket a nap-sugár láthatóvá tett. Az ég napi mozgásának nagyszabású tüneményei, melyek tanulmányozásával foglalkoztunk, valamennyien könnyen és természetesen magyarázhatók azzal, hogy a mi kis Földünk egyszerűen határozott idő alatt egyszer a maga tengelye körül forog. A forgási időt a régi világ a természet útmutatása szerint két egyenlőtlen részre osztotta, nappalra és éjszakára; de a későbbi kor csillagászai ugyanazt észszerűbben 24 egyformán hosszú órára osztják; és napjainkban ez a felosztás az, melyet kizárólagosan elfogadtak.

**A washingtoni Capitolium kupola-termében.** — Képzeljük, hogy a washingtoni Capitolium kupola-termében, vagy egyenesen a kupola középpontja alatt vagyunk.<sup>1</sup> Forduljunk egy-

<sup>1</sup> Bármely más kupola és élénkebb képzelet mellett szobánk is megteszi.

szer teljesen körül, jobbról balra tartva; ekközben pedig figyeljük meg a látszólagos változásokat, melyeket a dóm belső falainak tárgyain és festményein észreveszünk. Épen szemmagasságban, sorban egymás után felénk fordul a kupolaterembeli tizenkét történelmi festmény mindegyike. Ha ismételten körülfordulunk és ugyanoly gyorsasággal, mint előbb, a támasztó oszlopok nagyobb távolságuk miatt jóval kisebbeknek tünnek fel, látszólag lassabban mozognak. Ha harmadszor is körülfordulunk, de szemeinket még inkább felfelé irányítjuk, a menyezet óriási festményének külső alakjai látszanak mozogni; ha azonban épen csúcsára szegezzük tekintetünket, CONSTANTIO BRUMIDI híres freskójának középpontja teljesen mozdulatlanak látszik. Ezt az igen egyszerű kísérletet ép oly eredményesen bármely közönséges, négyszögletű szobának közepében is ismételtethetjük, ha a szögleteket előbb mintegy lecsapva képzeljük, hogy a szoba nagyjában kupolához hasonló alakot nyerjen. Üljünk forgatható zongoraszékre és a mint jobbról balra lassan körülforgunk, kísérjük figyelemmel a fali képek, a falra és a menyezetre festett alakok látszólagos mozgását. Hogy csak *egy* határozott irányba nézhessünk, szemünk elé kemény papir-tekerceset vagy más, könnyen kezelhető csövet tarthatunk, a melyet az épen kívánt magasságú pontra szegezünk. Bizonyára nevetséges volna azt állítani, hogy míg az ember középen nyugodtan ül, a kupola (vagy épen a szoba) forgása idézi elő az észlelt változásokat. Pedig az ó-korban épen ezen módon magyarázták az ég látszólagos mozgását és e magyarázatot el is fogadták, bár hamis és a mi korunkban mindenki valószínűtlennek tartaná. A Föld forgásának igaz tanát néhány filozofus vallotta és tanította ugyan a régi időben, de általánosan csak akkor fogadták el e tant, midőn PTOLEMAEUS rendszere teljesen megdőlt.

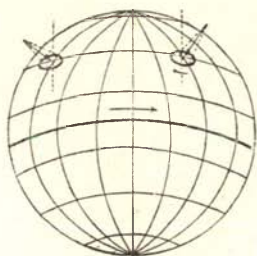
**A Föld forgásának iránya.** — Ha kocsin vagy szekeren ülve gyorsan végighajtunk az utczán, kissé elmerengve könnyen mozdulatlanak képzelhetjük magunkat, és ekkor a helyhez kötött tárgyakat, házakat, boltokat, lámpaoszlopokat s i. t. az ellenkező irányban elrohanni látjuk vagy látni véljük. A ki kelet felé halad, azt hiszi, hogy — míg ő maga helyt áll, azok a tárgyak nyugat felé tartanak. Előbbi példánkban

a falon függő képeket nézve, úgy gondoljuk, hogy ezek, míg jobbról balra egyszer körülfordulunk, épen ellenkező irányban, balról jobbra keringenek. Képzeljük, hogy mind e tárgyak a látás vonalában mérhetetlen távolságra tolódnak, mintha csak óriási kerék küllőin csúsznának tova, melynek tengelyága a szem, abroncsa az eget átölelő kör. Ily nagy távolságban úgy tekinthetjük e tárgyakat, mintha az égboltozaton foglalnának helyet, mint az égi testek. De láttuk, hogy a Nap, a Hold és a csillagok valamennyien keletről nyugatra mozognak; ebből tehát könnyű és természetes módon következtethetjük, hogy a mi Földünk az, a mely nyugatról kelet felé forog. Mihelyt azt a sarkalatos tényt, hogy a Föld tengelye körül kelet felé forog, tisztázták és elfogadták, teljesen meg van magyarázva az a nyugat felé irányuló látszólagos mozgás, mely az összes égi testeket, a Napot, Holdat, csillagokat mintegy magával sodorja. Ily módon a nappal és éjszaka természetes váltakozása is elveszíti régi titokzatosságát.

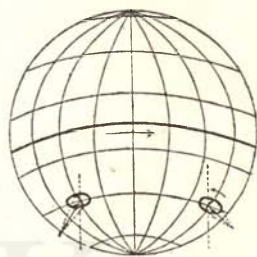
**A Föld nyugat-keleti forgásának bizonyítéka.** — Az inga egészen függetlenül felfüggesztésétől mindig abban a lengési síkban igyekezik maradni, a melyben eredetileg megindították. Függeszszünk fel finom fonallal valamely pálcza vagy vonalzó közepén bármely alkalmas,  $\frac{1}{2}$ —1 kgr. súlyú tárgyat. Fogjuk a pálczát két kézzel és hossza mentén hozzuk az ingát lengésbe. Azután forgassuk a pálczát, a nélkül hogy emelnők vagy leeresztenők, vízszintes síkban sebesen egy negyed fordulóval. Az inga ekkor még mindig abban a síkban fog lengeni, a melyben eredetileg is lengett, habár a pálcza e síkkal most derékszöget alkot. Ismételjük e kísérletet egynéhányszor, míg a pálczát akkép sikerül mozgatni, hogy középpontjának helye ne változzék, és látni fogjuk, hogy akár gyorsan, akár lassan bármely helyzetbe penderithetjük a pálczát, a nélkül, hogy ez az inga lengési síkjára bármely észrevehető hatással volna. Képzeljünk most a rövid fonal helyett 57 m. hosszú finom sodronyt, melyre 35—40 kgr. súlyú golyó van függesztve; a kézzel forgatott pálcza helyét pedig foglalja el a párisi Panthéon, melyet a térben maga a Föld forgat körül. Ilyen körülmények között végezte FOUCAULT, a francia fizikus, 1851-ben a maga híres kísérletét, mely szemmel látható bizonyítékát

szolgáltatta, hogy a Föld nyugattól kelet felé forog tengelye körül. Ő a dél-kör síkjában hozta lengésbe az ingát; de ez nem sokáig maradt e síkban. A padlónak déli része, mely az egyenlítőhöz valamivel közelebb volt, mint az északi vége, ez utóbbinál kissé gyorsabban haladt kelet felé; ezért a padló az óramutató járásával ellenkező irányban forgott a lengő inga alatt. Úgy tetszett tehát, mintha a lengési sík az óramutató járásának irányában forgott volna körül. E kísérletet a Föld különböző részein ismételték és mindig ugyanoly eredménynyel. Négy rajzunk különböző körülmények között mutatja az ingát. A déli féltekén úgy látszik, mintha az inga az óramutató járásával ellenkezőleg fordulna körül. A mi a forgás gyorsaságát illeti, az inga egy teljes körülforduláshoz bármely sark fölött épen annyi idő kell, mint a mennyi alatt a Föld tengelye körül forog; és annyival nagyobb idő kell az ingának, minél kisebb az illető hely szélessége. Pontosan az egyenlítő alatt a lengési sík a délkörhöz képest egyáltalán nem változik.

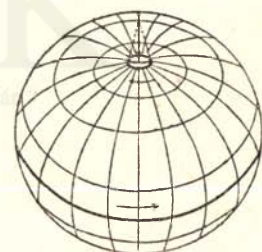
**Nappal és éjszaka.** — Mihelyt megengedjük, hogy a Föld forog, a nappal és az éjszaka váltakozása teljesen és világosan megmagyarázható. A Napot — ha tetszik — még a csillagok között mozdulatlanak is képzelhetjük az égbolton. Midőn a Föld tengelye körül forog, minden, a felületén levő hely, teszem *New-York*, *Chicago*, *San-Francisco* váltva a napfénybe kerül vagy onnan kilép. Az éj sötétsége után először



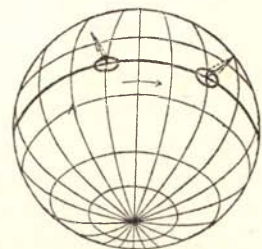
Az északi féltekén.



A déli féltekén.



Az északi sarkon.

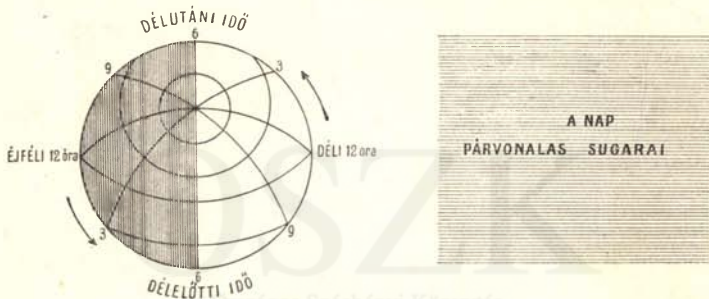


Az aequator alatt.

61. ábra.

A földforgás kísérleti kimutatása  
Foucault ingáján.

a hajnal támad mind élénkebbé váló szürkületi világossággal, majd felkel a Nap, mely mindig magasabbra emelkedik, míg végre a délkörbe ér. Ekkor van dél. Ezután a jelenségek lefolyása megfordul; a delet követi a délután, naplemente, szürkület, majd újból éjszaka. E tünemények egymásutánját mindenki az idő fogalmához köti és az órák mulásához éjjeltől délig és déltől újra éjjelig. Rajzunkban a gömböt egyenletesen forgatván, e viszonyok szembetűnőkké válnak. Az órák számlálása 0 vagy 12 órával kezdődik, mikor a Nap legmagasabban áll és így tovább halad 12-ig, a mikor a Nap legmélyebben van. Ha a Föld átlátszó volna, mint a kristály,



62. ábra.

Nappal és éjszaka váltakozása.

keresztül lehetne rajta nézni és látni a Napot felkeltétől lementéig s akkor is, midőn éjfélkor a délkör alsó részén épen az északi szemhatár alatt áthalad.

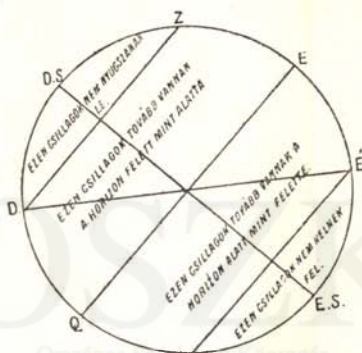
**Nappal és éjszaka napéjegyenlőségkor.** — Az ekliptikát úgy értelmeztük, hogy az a pálya, melyet a Nap egy év alatt az égboltozaton bejár. Minthogy az ég egyenlítőjével  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ -nyi szöget alkot, minden esztendőben lennie kell olyan pillanatnak, a midőn a Nap déli elhajlása  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ; ezt követőleg hat hónappal később elhajlása északi  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . E két pont között kellő középben a Nap az egyenlítőt szeli át, azaz elhajlása  $0^{\circ}$  és ekkor a Nap középpontja az egyenlítő és ekliptika amaz átmetszési pontjaiba ér, melyeket napéjegyenlőségeknek nevezünk. Honnan ered a név, megmagyarázza rajzunk; mert a Nap az égi egyenlítőn van, minthogy a Föld egyenlítőjének

sikja kellően meghosszabbítva rajta keresztül menne. Az a legnagyobb kör, mely a megvilágított (nappali) félgömböt az éji féltekétől elválasztja, pontosan egybeesik egy földi délkörrel. E délkör minden pontján hat az óra — reggeli hat óra azon a felén, melyet a Földgömb tengelyforgása közben a Nap felé visz, délutáni hat óra másik felén, mely a napfényből kilép. E délkör első felerészén mindenütt felkel a Nap, másik felerészén mindenütt lenyugszik. Minthogy a nappal a Nap felkeltétől lenyugvásáig eltelt időköz, az éjszaka pedig a nap lenyugvásától felkeltéig számít, mind a nappal, mind az éjszaka 12 óráig tart, tehát a kettő egyenlő. Innen ered a *aequinoctium* szó (napéjegylenlőség), két latin szó összetétele, melyek jelentése: *egyenlő* és *éj*. Az a jelenség, hogy mindenütt a Földön a nappal egyenlő az éjszakával, csak kétszer áll elő egy-egy év folyamában, midőn a Nap, az egyenlítőn áthaladva, észak felé tart, a mi márczius 21-ike táján történik, és szeptember 21-ike körül, akkor, midőn a Nap ismét délnek vette útját.

**Nappal és éjszaka napfordulatkor.** — Márcziustól szeptemberig az égi egyenlítőről északra van a Nap. Ezért a mi közepes szélességeink alatt ama csillagok közé tartozik, melyek tovább időznek a horizon felett, mintsem alatta, miként a 42. ábra világosan mutatja. Az év e szakában az északi szélességek alatt a nappal mindig hosszabb, mint az őt közvetlenül megelőző vagy a következő éjszaka. A nyári napfordulatkor a Nap elhajlásának értéke legnagyobb,  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . A nappalok ekkor lehető leghosszabbak, az éjjelek lehető legrövidebbek. Másfelől szeptembertől márcziusig az égi egyenlítőről délre van a Nap, tehát ama csillagok közé tartozik, melyek tovább vannak a horizon alatt, mintsem felette. E hónapok alatt tehát az éj tartama a mi féltekénken mindig hosszabb, mint a nappalé. A téli napfordulatkor a Nap elhajlása ismét maximum, de most déli  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ , középtájon *E* és *D* között. Ekkor tehát a nappalok legrövidebbek és az éjjelek leghosszabbak. De a nappalok és éjszakáknak e viszonya a különböző hónapokhoz képest csak az északi féltekére nézve áll.

**Nappal és éjszaka az egyenlítőről délre.** — Idevonatkozó rajzunk a 70. lapon levőnek módosítása s fel akarja tüntetni,

hogy nappal és éjszaka mikép váltakozik közepes déli szélességek alatt. Ha függőlegesen tartjuk a könyv lapját és olvasás közben nyugat felé nézünk, a rajz a tényleges viszonyoknak jobban megfelel. Ha a Földön dél felé utazik az ember, minden egy foknyi út után az ég északi sarka is egy foknyival lejjebb száll és a déli sark ugyanannyival feljebb emelkedik. Rajzunk a déli szélesség 45-ik fokának felel meg, tehát oly vidéknek, mely délibb fekvésű, mint akár a *Jó Remény foka*, *Valparaiso* vagy *Melbourne* is. Az ég déli sarka most annyira a déli horizon felett van, mint a mennyire alatta



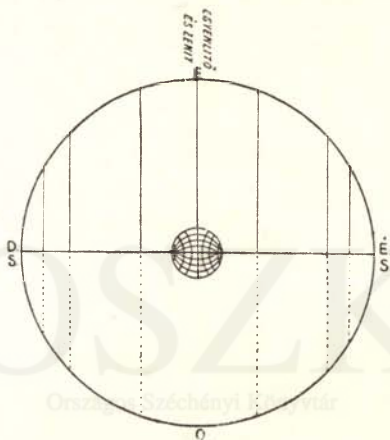
63. ábra.

Nappali ívek közepes déli szélesség alatt.

volt oly helyen, mely ugyanazon északi szélességű, és a nappal és éjszaka viszonya most épen az ellenkező. Tehát szeptembertől márcziusig, a mikor a Nap elhajlása déli, ama csillagok között áll a Nap, melyek hosszabb ideig vannak a horizon felett, mintsem alatta, miért is a nappal hosszabb, mint az éjszaka. Márcziustól szeptemberig, a mikor a Nap elhajlása északi, a nappal — mint könnyen átlátható — az éjszakánál rövidebb. Ha tetszésszerinti napon összehasonlítjuk adott északi szélesség alatt a nappal időtartamát ugyanakkora déli szélességű hely éjszakájának időtartamával, e két időt egyenlőnek találjuk. Ennek a megfordítottja is áll.

**Nappal és éjszaka a Föld egyenlítőjén.** — Láttuk, milyen kölcsönös vonatkozás van nappal és éjszaka között a közepes északi szélességű helyeken; magyarázatunk tehát az Egyesült

Államokra <sup>1</sup> is talál. Vizsgáltuk az ellenkező vonatkozásokat is, melyek déli szélességekre nézve állnak. Most még az van hátra, hogy az egyenlítőre terjeszszük ki figyelmünket. Ha visszaemlékezünk arra, hogy valamely hely szélessége mindig akkora, mint az ég látható sarkának magassága, azonnal szembetűnik, hogy bármilyen helyet választunk az egyenlítő mentében, onnan mindkét égi sarkot látnunk kell s az egyik sark a horizont északi, a másik pedig délpontjával egybeesik. Ekkor a horizont is sorra az égi délkörök vagy órákörök valamelyikébe



64. ábra.

Nappali ívek az egyenlítő alatt.

esik, melyek egymásután mellette elvonulnak az éggömb látzólagos mozgása következtében és minden csillag napiköre egyszersmind parallelkörével azonos. De minden órákör a parallelkört felezi; ezért a Föld egyenlítőjének bármely pontján álló megfigyelő számára az éggömb minden csillaga 12 óráig van a szemhatár felett, ugyanannyi ideig alatta. Világos, hogy ez mindig áll, akármilyen is a csillag elhajlása; tehát áll ez a Napról is, noha ennek elhajlása folytonosan változik. Ha a hajdankor emberei, kik a csillagászat műkifejezéseit alkották, az egyenlítőn éltek volna, hol a nappal és éjszaka mindig egyenlő, a *napéjegyenlőség* kifejezés semmi

<sup>1</sup> És hazánkra ugyanigy.

szokatlant nem jelentene és más szót kellett volna használniok, hogy azt az időt jelezzék, a mikor, és azt a pontot, a hol a Nap az ég egyenlítőjén áthalad.

**Nap felkelte és lenyugta.** — Vegyünk elő akármilyen naptárt. A Nap felkeltének és lenyugtának ideje rendszeren megtalálható benne két-három meghatározott északi és déli városra, vagy szélesség mentében nagyterjedelmű ország esetén több egyes övre vonatkozólag.<sup>1</sup> Ezek helyi középideők, melyek azt az időpontot jelzik, a mikor az igazi Nap felső széle, a sugártörés miatt szükséges javítást is tekintve, épen érinti az illető hely vagy bármely más egyenlő szélességű hely horizontját. A helyi idő a legritkább helyen fog egyezni a most majdnem általánosan használt egységes idővel. De a szükséges javítás csak attól függ, hogy milyen hosszúsági különbség van a hely délköre és az alapul vett délkör között. Ha ez utóbbitól nyugatra vagyunk, az almanachbeli időkhöz minden fokra négy perczet hozzáadunk, ha keletre vagyunk, ugyanannyit kivonunk. Midőn megfigyelés útján igazolni próbáljuk az almanachbeli időket, nem szabad megfélekednünk, hogy különbség van a szemhatár és a tulajdonképeni horizon között.

**Almanachbeli napfelkelte és naplenyugta napéjegylenlőségkor.** — Láttuk, hogy a Nap, mikor középpontja az egyenlítőbe lép, mindenütt ugyanazon időben kel, még pedig 6 órákor. Honnan van hát, hogy az almanachban előre jelzett idők ettől eltérnek? Három oka van ez eltérésnek: a) A napfelkeltének és lenyugtának idejét mindig javítani kell a sugártörésre való tekintettel, melynek értéke a horizonon  $0^{\circ}6'$ -nyira emelkedik, tehát többre, mint a mekkora a Nap saját látszó átmérője. Minthogy a sugártörés mindig növeli az égi testek látszólagos magasságát, az egész Napot a szemhatár fölött látjuk, mikor tényleg még alatta áll. Már ez a jelenség magában vagy öt percznyi meghosszabbítását okozza a nappal idejének, a mennyiben a sugártörés folytán látható Nap mintegy két és fél perczcel hamarabb kel és később nyugszik, mint az

<sup>1</sup> Hazánk csekély terjedelménél fogva a naptár egy város, rendszeren a főváros megfelelő adatjával beéri. Az „Akadémiai almanach“ bevezetésében a szélesség változását is figyelembe veszi.

igazi Nap. *b)* A Nap felkeltének és lenyugtának almanachbéli időpontjai a Nap felső szélére., nem pedig a középpontra vonatkoznak. Itt megint a sugártöréssel egyirányúan működő okkal van dolgunk, de hatása csak fél akkora.<sup>1</sup> *c)* Az almanachokban a valódi Nap felkeltének és lenyugtának közép napidejét találjuk feljegyezve. A valódi és a képzel Nap között levő különbség is változtat a napfelkelte és lenyugta időpontján az időegyenlítés erejéig (115. lap): tavaszi napéjegylenlőségkor a valódi Nap hét percczel késik, őszi napéjegylenlőségkor nyolcz percczel siet a képzel Naphoz képest. Mindhárom ok egyesített hatása abban nyilvánul, hogy a tavaszi napéjegylenlőségkor a Nap lenyugta jóval hat óra után, az őszi napéjegylenlőségkor pedig a napfelkelte jóval hat óra előtt következik be.

### **Napfelkelte és naplenyugta különböző szélességek alatt.**

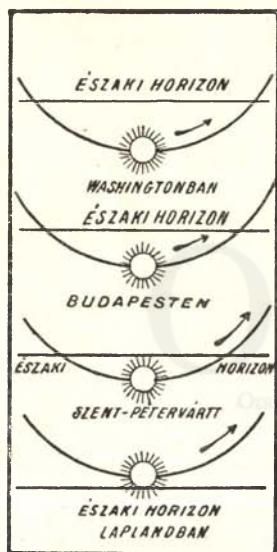
— Hasonlitsuk össze a Nap felkeltének és lenyugtának egy és ugyanazon napra, de különböző szélességű helyekre vonatkozó almanachbéli időpontjait. Márczius harmadik hetének végén a napfelkelte tényleg ugyanazon időre esik bármely szélesség alatt. Ugyanez áll a naplenyugtáról is. Április, május és június hónapokban, minél jobban észak felé haladunk, annál korábban kel és későbbben nyugszik a Nap, annál hosszabb a nappal és rövidebb az éjszaka. Ez a szélesség okozta különbség június harmadik hetéig növekedik; azután lassankint esökken, a míg — szeptember harmadik hetének vége felé — a Nap felkeltének és lenyugtának ideje megint minden szélesség alatt ugyanaz.

Az esztendő második felében a szélesség változása mind a napfelkeltének, mind a naplenyugtának idejére ellenkezően hat: minél továbbra jutunk észak felé, annál későbbben kel és annál korábban nyugszik a Nap. A nappal időtartama annál rövidebb, az éjszakáé annál hosszabb. A mint halad az esztendő, úgy a napfelkelte, mint a naplenyugta idejének szélességokozta eltérése nagyobbodik, körülbelül karácsonyig;

<sup>1</sup> A mi almanachunknál e második pont kiesik. A Hold és Nap felső széle állandóan két percczel előbb látható, mint a korong középpontjára vonatkozó naptári adat jelzi. R.

innen kezdve lassankint kisebbedik a tavaszi napéjegyenlőségig, a mikor, bármily messzire halad az ember akár északi, akár déli irányban, a napfelkelte ugyanazon helyi időre esik és a naplementének ideje sem mutat eltérést.

**Az éjféli Nap.** — Minél tovább haladunk északi irányban, annál magasabbra emelkedik a zenit felé közeledve a sark; következésképpen oly szélességhez is kell érünk, a hol a nyárközepi Nap forduló pontján vagy ennek közelében éjfélkor éppen



65. ábra.

Éjféli Nap nyár közepén.

csak súrolja az északi szemhatárt és így egyáltalában nem nyugoszik le. Ezért a nappal tartama 24 óra és az éjszaka elenyészik. Az északi féltekén az északi szélesség  $66\frac{1}{2}$  fokának parallelköre jelzi azt a szélességet. A Nap egy napi útjának változását láthatóvá teszi rajzunk, mely mutatja, mennyivel rövidebbé lesz a Napnak látnatatlan, a horizon alatt levő íve, ha valaki északi irányban Washingtonból Párisba (vagy Budapestre), Szentpétervárra és Lapplandba utazik. Éjféli napnak mondja a köznép is a Napot, midőn nyár közepén alsó delelési pontján, az ég sarka alatt látható marad. Az egész 24 órai időtartam alatt nappal van, éjszaka ekkor nincs. Ez magas északi szélességek alatt júniusban történik; hasonlóképpen magas déli szélességek alatt a déli féltekén december a nyárközép ideje. A Skandináv-félsziget északi végét „az éjféli Nap országának“ nevezik, mert ama bűvös és szokatlan tüneményt e vidéken csodálják leggyakrabban.

**A nappal hossza különböző szélességek alatt.** — Az egyenlítő bármely pontjára nézve nappal és éjszaka között időtartamra nézve egyáltalában soha nincs különbség. Minél inkább távozzunk az egyenlítőtől északi vagy déli irányban, annál nagyobb az egyenlőtlenség, annál hosszabbak a nyári nappalok és téli éjszakák. A mennyiben a nappal azon időköznek

tekintjük, mely alatt a Nap középpontja a szemhatár felett van, könnyű kiszámítani, hogy adott szélesség alatt milyen a nappal legnagyobb hossza. Az eredmények itt következnek és az egyenlítőtől mind északra, mind délre alkalmazhatók.

A nappal legnagyobb hossza különböző szélességek alatt.

Szélesség	A nappal legnagyobb hossza	Szélesség	A nappal legnagyobb hossza
0°0'	12 óra		hónap
30°8'	14	67°4'	1
49°0'	16	73°7'	3
58°5'	18	84°1'	5
63°4'	20	90°0'	6
65°8'	22		
66°5'	24		

De ezeket az eredményeket lényegesen módosítja a légkör sugártörése. Mikor az északi féltekén a nappal leghosszabb, ugyanakkor a déli féltekén az éjszaka is leghosszabb.

**A hosszú sarki éjszaka.** — Az a közönségesen elterjedt hiedelem, hogy a sarki éjszaka hat hónapig tart, némi helyreigazításra szorul. Ha az északi sarkra valóban eljuthatnánk, akkor — igaz — a Nap tényleg igen közel hat hónapig, azaz szeptember 20-tól márczius 20-ig volna a horizon alatt, mindaddig ugyanis, a míg a Nap az egyenlítőtől délre jár és ha elképzeljük, hogy a Föld szürkületi övében belül tengelye körül forog, mint a 94. lap rajzában, azonnal átlátjuk, hogy a szürkület a sarknál, a meddig ez a Naptól el van fordítva, *B* alatt az egész 24 óra alatt véget nem ér. De a szürkület időtartama igen fontos tényező, mely annál kevésbé elhanyagolható, minél közelebb jutunk a sarkhoz. Ha felteszszük, hogy a szürkület addig tart, míg a Nap  $18^{\circ}$ -nyira merült a szemhatár alá, az őszi szürkület  $2\frac{1}{2}$  hónappal, azaz körülbelül december elsejéig tolja vissza a teljesen sötét éj beálltát; a tavaszi szürkület pedig, mely ép oly hosszúra nyúlik, már kora januárban kezdődik. Magán a sarkon is tehát igazi éjszaka teljesen sötét éggel, csak hat-hét héten át lehet. Így vagyunk a Nappal, de a sarki utazó nagy szerencséjére a Hold hathatósan közreműködik, hogy a komor éjszakát enyhítse. Minthogy a

Nap oly messzire van dél felé, a közelében levő holdsarló, akár telik, akár fogy, a horizon alatt lesz, miként a Nap is; de az első negyedről az utolsó negyedig tartó két hét alatt s így természetesen holdtöltekor is állandóan a horizon felett világít. Minthogy abban az időben, mikor  $1\frac{1}{2}$  hónapon át teljesen hiányzik a napfény, legalább kétszer telik a Hold, a koromsötét éjszaka ideje legfeljebb három hétre szorítkozik. És ezt az éjt is helylyel-közzel megszakítja a sarki fény ragyogó jelensége, különösen, ha az esztendő napfoltokban gazdag. Ha a sarktól csak  $5^{\circ}$ -nyira távoznunk, tehát a szélesség  $85^{\circ}$  foka alatt, teljesen lehetséges, hogy a tökéletes éjszaka ideje végkép elenyészik; és természetes, hogy még tovább délre szerfelett kevés oly éji órát találhatunk rendes körülmények között, melyet sem Nap, sem Hold nem világít meg.

**A csillagnap.** — Valamely álló csillaghoz viszonyítva, a Föld tengely-forgásának ideje nem változik. Egy ily tengely-forgás neve csillagnap, azaz csillagokhoz viszonyított nap. Ez 24 csillagórából áll, minden ily óra 60 csillagperczből, minden ily percz 60 csillag-másodperczből. Minden csillagvizsgálón van ezen idő szerint szabályozott óra, úgynevezett csillagidei óra. A csillagidő óráit az egész napon végig, megszakítás nélkül 0-tól 24-ig szokás számlálni.

Közelítőleg a délkörben, melyet a Nap segítségével a 17. lapon leirt módon határoztunk meg, helyezzünk el szilárd támaszon, mely dél felé a szabad kilátást nem gátolja, két függőt. Erősítsük meg a függőket pontosan abban a helyzetben, a melyben nyugalomba jöttek, gondosan ügyelve arra, hogy a fonalak ki legyenek feszítve. A mint felbukkantak a csillagok, figyeljük meg és jegyezzük fel az órát, perczet és másodperczet, melyben valamely fényes csillag mindkét függő irányába jut. Oly csillagokat válaszszunk, melyek magassága a déli szemhatár felett nem haladja meg a  $60^{\circ}$ -ot. Az átmenet idejének leolvasására a rendelkezésre lévő legjobb fali, vagy zsebórát kell használnunk. A legközelebbi derült éjjel ugyanazon csillagon ismételjük a megfigyelést; úgyszintén két ezután következő este, mindannyiszor feljegyezve a napot, órát, perczet és másodperczet és ügyelve arra, hogy az óra az egész idő alatt zavartalanul járjon és a függőket senki

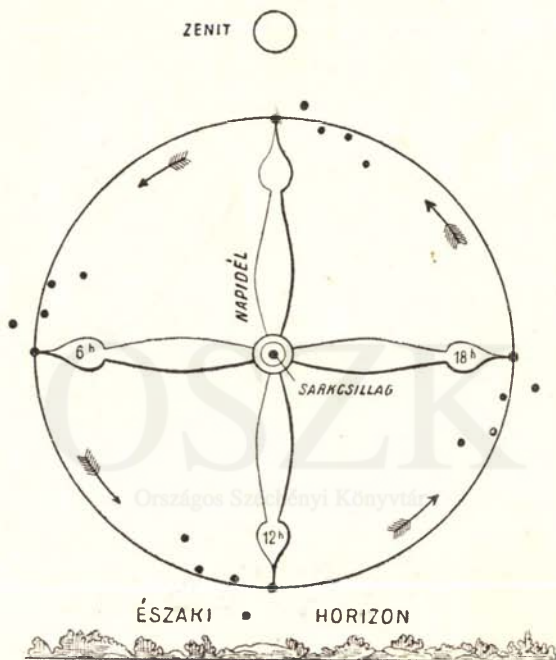
se bolygassa. A megfigyeléseket egybehasonlítva, úgy fogjuk találni, hogy a csillag naponta négy perczzel korábban ért a függők irányába. Ha a megfigyeléseket még az ezután következő napokon is folytatjuk, csak ugyanazt az eredményt kaphatjuk, és így tovább határ nélkül: nemsokára világos szürkületkor érne a csillag a függők alá, a mikor már csak távcsövel lehetne figyelni. Néhány nappal később már naplementekor jelennék meg e helyen és könnyű kiszámítani, hogy körülbelül három hónap múlva ez déli órában történnék, a mikor a csillag és a Nap együtt delelnének. Ezen egyszerű módszerrel a csillagászatnak egyik sarkalatos elemét tisztázhatjuk, a Föld tengelyforgásának tartamát. A csillagász ennél természetesen sokkal pontosabb módszerrel rendelkezik és a műszereket, melyeket alkalmaznak, egy későbbi fejezetben le is fogjuk írni és rajzolni; azonban csak a megfigyelés részletei változnak, az elv ugyanaz marad.

**Időmérés a csillagok segítségével.** — Legközelebbi kérdésünk annak a pontnak szól, mely 0 óra, 0 percz és 0 másodpercznek megfelel, mely tehát a csillagnapot kezdi. Ha ezt megtaláltuk, óránkat hozzá igazíthatjuk, és ha jól van szabályozva, folytonosan csillagidőt fog mutatni. Minthogy a csillagidő bizonyos összefüggést mutat a Nappal, mely azonban folyvást változik, világos, hogy a csillagnapot akkor kezdhetnők, mikor bármilyen csillag lép a délkörbe; de az is átlátható, hogy czélszerű, ha valamennyi csillagász a csillagnapot egy és ugyanazon csillag, vagy pont delelésével kezdi. Ezt a gyakorlatban meg is tették és a pont, melyet kiválasztottak, a tavaszi napéjegyenlőségi pont, vagyis a *Kos* (Aries) első pontja, melyet ennél fogva „égi Greenwich“-nek is lehet nevezni.

A napéjegyenlőségi kolúr átmegyén rajta, és mindama csillagok számára, melyek épen a tavaszpont és valamely sark között vannak, az egyenes emelkedés zérus, akármilyen is a szélességök. Szerencsére majdnem ezen vonalon és csak 31<sup>o</sup>-nyira az északi sarktól van egy fényes csillag, mely az Egyesült Államokban<sup>1</sup> mindig a horizon felett van; a legdélibb államokban egy-két órát naponta már a szemhatár

<sup>1</sup> És nálunk is.

alatt tölt el. Ez a fontos csillag *Béta Cassiopeiae* (63. lap). Midőn a délkör felső részén áthalad és lehető legközelebb jut a zenithez, a csillagidő 0 óra 0 perc 0 másodperc, új csillagnap kezdődik. A nevezetes csillagnak a Sarkcsillaghoz képest való helyzetét feltünteteti rajzunk. A két csillagot rajzunkban óramutató köti össze, a melyről azt kell képzelni,



66. ábra.

Időmérés Cassiopeia segítségével.

hogy a csillagokkal együtt naponta egyszer körülfordul. Kevés gyakorlat kell csak és képesek vagyunk ez óriási óramutatónak az északi égen való iránya szerint az időt megmondani; de nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy e mutató mozgása a rendes óramutató járásával ellenkezik és csak felényi gyorsaságú. Hat órakor a nyugati horizon felé mutat, 18 órakor a szemhatár keletpontja felé, nem vízszintesen, mint a rajz ábrázolja, hanem lefelé mindkét esetben, elég tetemes szöveget alkotva, mely a szélesség szerint változó. Ha ez időadattól

a középdél csillagidejét, vagy röviden „a déli csillagidőt“ (126. lap) levonjuk, megkapjuk a rendes vagy középidőt. Ezt az eljárást a csillagok segítségével való időmérésnek mondjuk. A bemutatott eljárás persze csak közelítő módszer, de ritkán fordul elő 15—20 percnyinél nagyobb tévedés.

**A valódi napórai nap.** — Megmutattuk (a 110. lapon), mikép deríthető ki megfigyelések útján, hogy a Nap a csillagok között látszólag folyvást kelet felé mozog. Azt is láttuk, hogy a csillagidei dél az év folyamában a nap és éj valamennyi órájára esik. Tehát nyilvánvaló, hogy a csillagidő nem alkalmas időmérték arra, hogy a közönséges élet ügyeit szabályozza; mert habár mintegy két hétig megfelelne a szükségnek, a napról-napra való négy percnyi korázás már hat hónap elteltével azt eredményezné, hogy naplemente után reggeliznénk, az egész éjszakát ébren töltönök és a délelőtt közepe felé lefeküdnénk. Minthogy a Nap szabályozza legtermészetesebben emberi munkásságunk és teendőink időbeosztását, azt fogadták el irányadónak, ámbár a pontos megfigyelésből kitünik, hogy látszó mozgása elég sok szabálytalansággal jár. Kezdjük az év bármely napján megfigyelni, mikor halad át a Nap a délkörön, miként a csillagoknál is vizsgáltuk. Az a pillanat, a melyben a Nap középpontja a délkörbe lép, a valódi dél. Ha a megfigyelést egy esztendőn át naponta folytatjuk, azután pedig két-két délkörbe lépés időközeit összehasonlítjuk, ezek hosszúságai több másodpercnyi eltérést fognak mutatni; valamennyi napórai nap (dies solaris) ugyan,<sup>1</sup> de a Nap nem egyenletes mozgása miatt nem lehet mind egyenlő, mint a csillag esetében.

**A közép napórai nap.** — Ha két-két délköri átmenet között eltelt idők középértékét vesszük, a mi más szóval annyit jelent, hogy az év folyamában előforduló valamennyi valódi napórai nap középértékét képezzük, változatlan időegységet kapunk, a milyent a csillagok szolgáltatnak. És valóban ez az, a mit a csillagászok egyenletes időmérés céljából gonddal, rend-

<sup>1</sup> A csillagnappal szemben áll a dies solaris, a napnap. E lehetetlen szót pótoljuk Szily Kálmán indítványára a helyes napórai nap kifejezésével.

szeresen tettek. Kényelem szempontjából képzelt közepes Napot tételeznek fel, melynek neve *közép Nap*; ez a mi időmérőnk, és számítás útján meghatározzák a képzelt és a tényleg megfigyelt valódi Nap helyzeteinek különbségét. A képzelt Napot olyan, csak odagondolt pontnak vagy csillagnak értelmezhetjük, mely tökéletesen egyenletes mozgással egyszer egy év alatt járja be nyugotról kelet felé az egész eget, még pedig az egyenlítőben, nem az ekliptikában. Könnyű átlátni, hogy a képzelt Nap délkörátmeneteinek időközei szükségkép egyenlők; az is nyilvánvaló, hogy egy-egy ily időköz a csillagnapnál hosszabb a következő ok miatt: ha ugyanis valamely csillag és a képzelt Nap együtt lép a délkörbe valamely napon, a következő napon a csillag már előbb delel, miáltal a csillagnap a napórai napnál rövidebb lesz. Azt a pillanatot, melyben a képzelt Nap középpontja a délkörben van, *középdélnek* nevezik. A napórai közép nap, vagy ezentúl röviden, a középnap tehát akkép értelmezhető, hogy azon időköz, mely a képzelt Napnak ugyanazon délkörön való két átmenete között eltelik; vagy úgy is mondhatjuk, hogy a középnap az év valamennyi valódi napórai napjának középértéke. Felosztják 24 középórára, az órát 60 közép-perczre, a perczet 60 közép-másodperczre. Ezek az órák, perczek és másodperczek azok, melyeket a közönségesen használt órák mutatnak.<sup>1</sup>

**Csillagászati és polgári nap.** — A közép napot gyakran csillagászati napnak<sup>2</sup> nevezik, mert valamely közép délben kezdődik és a következővel végződik. Óráit 0-tól 24-ig egyfolytában olvassák, éjféltől való megszakítás nélkül. Ez az a nap, melyet a csillagászok használnak csillagvizsgálói munkálkodásuknál, meg feljegyzéseiknél, és a hajósok a *Nautical Almanac* adatainál. A közép vagy polgári nap épen olyan hosszú, mint a csillagászati, de az adott csillagászati nap delét megelőző éjféllal kezdődik és a legközelebbi éjféllal végződik. Óráit, mint mindenki tudja, nem egyfolytában 0-tól 24-ig olvas-

<sup>1</sup> A kezdőnek némi nehézséget okoz, hogy a középnap és a nála mintegy 4 perczrel rövidebb csillagnap egyformán 24 órára oszlik. Innen van, hogy középóra és csillagóra, közép- és csillagpercz s i. t. élesen megkülönböztetendő. R.

<sup>2</sup> Nem az előbb tárgyalt csillagnap. R.

sák, hanem két, egyenkint 12 órás szakaszban. Az első szakasz órái délelőttiék (ante meridiem, rövidítve am.), a második szakasz órái délutániak (post meridiem, rövid. pm.); ennél fogva a délutáni polgári idő bármely napon egyezik a csillagászati idővel; de ha valamely éjféli és dél közé eső csillagászati időben kifejezett időadat változtatandó át polgári időbe, akkor tizenkettőt levonunk az órák számából és egyet hozzáadunk a napok számához. Például:

polgári idő	csillagászati idő
1902 nov. 10., d. u. 6 óra =	1902 nov. 10. 6 óra.
1902 decz. 15., d. e. 3 óra =	1902 decz. 14. 15 óra

A csillagászati dátumban mindig az itt látható<sup>1</sup> logikus rend követendő: év, hónap, nap, óra, percz, másodpercz.

**Az időegyenlítés.** — A közönséges fali és zsebórák úgy vannak szabályozva, hogy a képzelt vagy közép Nap szerint járjanak, mely esetben egyik 24 óra olyan hosszú, mint a másik. De az igazi Nap hol megelőzi a képzelteket, hol elmarad mögötte. Ez az eltérés az úgynevezett *időegyenlítés*; magyarázata a legközelebbi fejezetben következik. Nemsokára hasznát fogjuk venni (a 123. lapon) a középdél meghatározásánál, midőn e végett a valódi Napnak délkörátmenetét megfigyeljük. Az 1902. évre vonatkozó,<sup>2</sup> eléggé pontos időegyenlítés táblája itt következik.

Az időegyenlítés táblája.

Hónap napja	Január		Február		Márczius		Április		Május		Június	
	p.	mp.	p.	mp.	p.	mp.	p.	mp.	p.	mp.	p.	mp.
1	K 3	24	K 13	41	K 12	40	K 4	11	S 2	53	S 2	32
6	K 5	43	K 14	14	K 11	37	K 2	42	S 3	26	S 1	44
11	K 7	50	K 14	26	K 10	23	K 1	18	S 3	44	S 0	47
16	K 9	44	K 14	20	K 9	1	S 0	0	S 3	49	K 0	15
21	K 11	19	K 13	54	K 7	33	S 1	9	S 3	39	K 1	19
26	K 12	3	K 13	12	K 6	1	S 2	7	S 3	16	K 2	23
31	K 13	32	K 12	16	K 4	29	S 2	53	S 2	41	K 3	25

<sup>1</sup> A magyar észjárásnak teljesen megfelelő.

R.

<sup>2</sup> De más években is használható.

R.

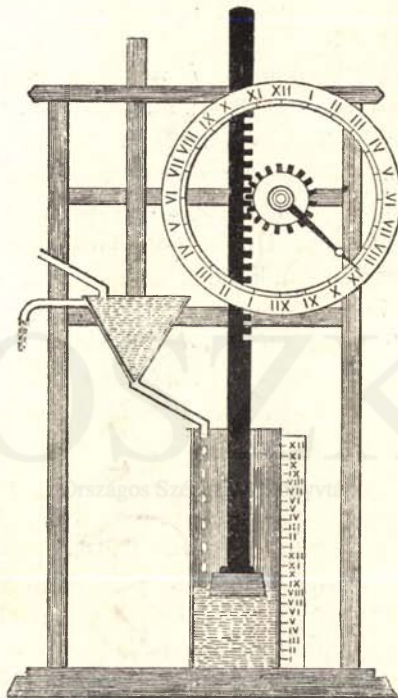
Hónap napja	Július	Aug.	Szept.	Október	Novem.	Decz.
	p. mp	p. mp	p. mp.	p. mp.	p. mp.	p. mp.
1	K 3 25	K 6 10	K 0 10	S 10 3	S 16 18	S 11 8
6	K 4 21	K 5 48	S 1 26	S 11 36	S 16 18	S 9 10
11	K 5 8	K 5 10	S 3 7	S 13 0	S 15 57	S 6 58
16	K 5 44	K 4 18	S 4 53	S 14 12	S 15 16	S 4 37
21	K 6 8	K 3 13	S 6 40	S 15 11	S 14 13	S 2 10
26	K 6 18	K 1 56	S 8 24	S 15 52	S 12 50	K 0 20
31	K 6 13	K 0 29	S 10 3	S 16 15	S 11 8	K 2 48

*K* azt jelenti, hogy „késik“ a Nap, azaz a valódi Nap középpontja csak a középdél elmulta után lép a délkörbe; *S* pedig azt, hogy „siet“ a Nap.

**A naplenyugtának késése a téli napfordulat közelében.** — Karácsonytájt várjuk a mi szélességünk alatt a nappalok hosszabbodását, mely a tavasz visszatérének előjele. Kezdetben a növekedés igen csekély, talán csak két, vagy három percz egy hét alatt. Általánosan ismert észrevétel, hogy a növekedés a nap délutáni felére jut, azaz, a Nap napról-napra később nyugszik, habár felkeltének ideje január közepéig vagy utolsó részéig nem nagyon változik. Ennek oka az, hogy a napfelkeltének és lenyugtának ideje a valódi Napra vonatkozólag van ugyan kiszámítva, de az idő középidejében van kifejezve, azaz olyanban, mely a képzelt Nappal függ össze. A valódi Nap december közepén körülbelül öt percczel előbbre van, ezért a délután tíz percczel rövidebb, mint a délelőtt. De az időegyenlítés rohamosan kisebbedik; azaz a valódi Nap a képzelt Napnál gyorsabban mozog kelet felé, majd utoléri, és így az időegyenlítést zerusra hozza. A valódi Napnak eme, a szokottnál gyorsabban kelet felé irányuló mozgása lenyugtának középidejét annyira késlelteti, hogy a hatás a nappal meghosszabbodásaként kezd mutatkozni, még mielőtt a Nap a téli fordulóhoz ér. Mikor a Nap ezen a ponton túl van, elhajlása kisebb és nappali ívének nagyobb hossza növeli a valódi Nap gyors keleti irányú mozgásának hatását; mindkét ok közrehat arra, hogy december vége felé a Nap naponta egy-egy percczel később nyugszik. Hasonló, a nyári nap-

fordulatnál érvényesülő ok következtében a nappal délelőtti fele már június közepén kezd rövidülni.

**A régiek időmérői.** — Nincs tudomásunk róla, hogy az ókorban a maiakhoz hasonló órákat használtak volna; akkor az idő telését vízi- és napórákkal mérték. Gyakran a gnomont vagy csúcsos oszlopot is használták.



67. ábra.

Régi vízi óra.

A *clepsydra* vagy *vízi óra* oly készülék, mely a lefolyó víz segítségével jelzi és méri az időt. Rajzunk egyik közönséges alakját tünteti fel. A kúpos edényt bőven ellátják vízzel, az oldalagos kifolyási cső pedig állandó szintről és ezzel állandó fenéknnyomásról gondoskodik. A víz keskeny nyílású csövön át lecsepeg a henger alakú nagyobb edénybe, mely igen lassan telik és a függőleges fogasrúddal kapcsolt úszót emeli. Ennek fogaiba kerék kapaszkodik s ennek tengelyén egyszerű mutató

ül, mely az óralapot körüljárja és az órák haladását jelzi. Ilyféle készülékről az időt öt-hat percnyi pontossággal olvashatjuk le. A régiek a nappal, vagyis a napfelkelte és lenyugta között eltelő és változó hosszú időközt mindig 12 órára osztották; azért óráik mindig különböző hosszúságúak voltak. A vízi órát a kúpos edény fenéknyílásának változtatásával szabályozták; ezzel érték el, hogy a clepsydra az egyenlőtlen órákkal lépést tarthatott.

**A napóra mutatta idő.** — A *napóra* a valódi napórai időt mutatja: rendes óra nem követheti, ha csak nem véletlenségből. Mindamellet a XIX. század előtt sajátos alakú kerékszerkezetekkel megkísérlették oly órák összeállítását, melyek majd előre voltak, majd hátramaradtak, épen úgy, mint a csillagok között a Nap. De a Nap látszólagos mozgásának változásai oly bonyolódottak, hogy teljesen jó gépezetet, milyen szükséges arra, hogy a Napot szabatosan kövesse, ma is alig lehetne készíteni és bizonyos, hogy ilyennek szerkesztése egy század előtt a lehetetlenségek közé tartozott.<sup>1</sup>

A XIX. század legelején már általánosan elhagyták a valódi időt jelző órákat, csak Párisban használták még 1815-ig. Nagy gonddal készített napórák alkalmilag akadhatnak még most is, de inkább diszitményül szolgálnak, mint időjelzés céljára. A napórának egyik könnyen szerkeszthető alakjánál vaspálczát állítunk párvonalasan a Föld tengelyével. A pálcza árnyéka az egyenlítővel párvonalas és egyenletesen felosztott korongra esvén, a valódi időt mutatja.

**Az északpont szabatos meghatározása.** — Ha bármely műszert a délkörbe kell felállítanunk, az ehhez szükséges fogásokat megelőzőleg némi pontossággal fel kell találnunk az igazi észak-irányt. Válaszszunk ki valamely északra fekvő ablakot, mely közel az északi szemhatárig enged kilátást. Az ablakráma tetejére hosszú függőt akasztunk, melynek súlyát vízmedenczébe szabadon lógatjuk, és erősítsük meg, ha nyugalomba jut, előbb jól kifeszítve a fonalat. A szoba belsejében levő asztalkáról hasonló módon lógjon egy függő; a fonalaik finom világosszínű zsinórból vagy czérnából legyenek. Mindent

<sup>1</sup> A bolognai székesegyházban látni ilyen valódi időt mutató órát. *R.*

előre készítsünk el a rajzunkban feltüntetett módon. Feladatunk az, hogy a rövid fonalat a hosszúhoz képest úgy irányozzuk be, hogy a két függőn átmenő függőleges síkba essék a Sarkcsillag is, midőn éppen a délkörbe lép. Az a függőleges sík ekkor maga a délkör, mely tehát a szemhatárt az észak-



68. ábra.

Az igazi északi irány fellelése óra és távcső nélkül.  
(LOVELL fotografiája.)

és délpontokban metszi. De láttuk, hogy a Sarkcsillag, mint-hogy nem esik egybe a sarkponttal, 24 csillagóra alatt igen kis kört ír le az égboltozaton; ez idő alatt tehát kétszer kell áthaladnia a délkörön. Két-két átmenet időköze közelítőleg 12 rendes óra. Nem szükséges, hogy a Sarkcsillag delelésének

pontos helyi vagy rendes idejét ismerjük, mert hiszen a Sarkcsillag mindig akkor kerül e helyzetbe, mikor *Mizar* (Zeta Ursae Maioris, a Nagy-Gönczöl rúdjának középső csillaga) szintén a délkörben van. Így tehát nem kell egyéb, mint szorgosan lesni azt az időt, midőn a hosszú függő az utóbb nevezett két csillagon keresztül halad s ha ez megtörtént, szemünkkel a padló közelében a kis asztalkát vigyázva addig tologatni, míg a rövid függő is egy és ugyanazon síkba kerül a hosszú fonallal és a két csillaggal. Ügyelnünk kell, hogy a rövid függő szabadon és nyugodtan lógjon. A megfigyelő feje mögé helyezett gyertya mindkét függő szálát megvilágítja, a nélkül, hogy a csillagok fényét takarná. Most a függők síkjában két állandó jelzővel mindenkorli használatra rögzítsük a délkör helyzetét. Egy vonalban *Mizar* és *Polaris* csillagokkal s ép annyira a sarktól, a túlsó oldalon van véletlenül egy másik csillag, *Delta Cassiopeiae*, mely épen ezért ugyanoly szolgálatot tehet, mint *Mizar*. Az egész esztendőn át e két csillag közül vagy az egyik, vagy a másik felhasználható arra, hogy az órára való minden tekintet nélkül az igazi északi irányt fel lehessük.

**Mely időben van *Mizar* és *Delta Cassiopeiae* alsó delelésben?** — Kezdjük figyelni, mielőtt az alantabb álló csillag a délkörhöz ér. Ekkor az a csillag a Polarison áthaladó hosszú függőtől balra fog látszani. A következő táblázat útba igazít, mikor kezdjük a megfigyeléshez.

♁ Cassiopeiae esetében

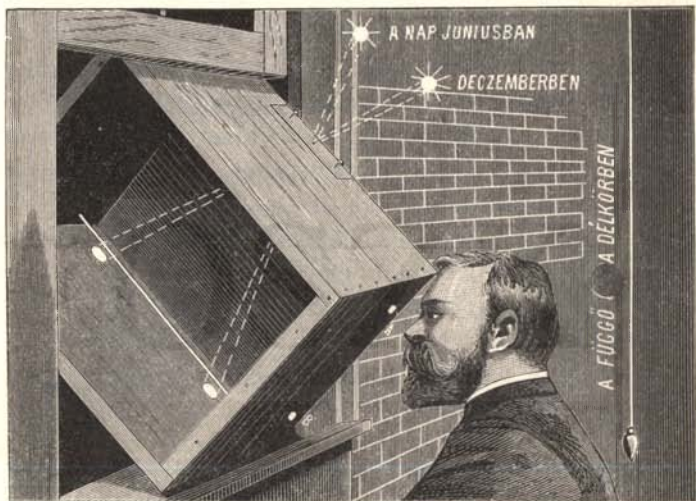
Decz.	25.	7 d. e.
Jan.	25.	5 d. e.
Febr.	25.	3 d. e.
Márcz.	25.	1 d. e.
Ápr.	25.	11 d. u.
Máj.	25.	9 d. u.
Jún.	25.	7 d. u.

*Mizar* esetében

Július	25.	5 d. e.
Aug.	25.	3 d. e.
Szept.	25.	1 d. e.
Okt.	25.	11 d. u.
Nov.	25.	9 d. u.
Decz.	25.	7 d. u.
Jan.	25.	5 d. u.

A két csillag mindegyike naponta körülbelül négy perczel előbb ér a fonalhoz, ép úgy, mint előbbi példánkban a déli csillag. Június és július egy részében nem alkalmazható e módszer, mert világos szürkület vagy nappal van, mikor *Mizar* és *Delta Cassiopeiae* delel. Ha valamely követ-

kező éjszakán megismételjük a helyi délkör meghatározásának e módszerét, a kapott eredmény elég pontos lesz arra, hogy csillagászati műszereket előzetesen beállíthassunk. A távcső felhasználásával az esetleges eltérés most már pontosan megállapítható lévén, a műszer az állító csavarok segítségével végleg beirányozható. Ha távcsövünk nincsen, kéznél levő közönséges alkotórészekből oly átmeneti vagy délkör műszert (passage-műszert) készíthetünk, melylyel a helyi időt közelítőleg meghatározhatjuk.



69. ábra.

A valódi dél idejének meghatározása.

**Egyszerű passage-műszer.** — A IX. fejezetben vázoljuk ama módszerek körvonalait, melyeket a csillagászok az idő pontos meghatározásánál követnek. Itt oly módszert írunk le, mely a Nap megfigyeléséből néhány másodpercen belül pontos időmeghatározást ad. Szabad ég alatt vagy délre nyíló ablaknál, honnan a délkör déli része majdnem a zenitig tisztán áttekinthető, két finom függőt éppen a délkörben függesztünk fel az imént leírt módszer szerint. Ezek irányában erős (körülbelül 45 cm. oldalhosszúságú) ládát erősítsünk az ablakrámahoz, mint rajzunkon látható, vagy — a mi még jobb —

valamely épület keleti vagy nyugati falához. A függőket beirányozva, jelöljük meg nagyjában a délkör irányát czeruzával a láda külső oldalán. E vonal mentében fúrjunk két — egyenkint 2 cm.-nyi — *A* és *B* lyukat, továbbá egy harmadikat ugyanazon síkban, a láda tetejének közepe táján. E fölé darabka ónlemez jó, melybe finom, tühegynyi nyílást szúrunk s melyet gondosan úgy szegelünk oda, hogy a nyílás mindkét függő síkjába essék. E két függő mentén és az *A* és *B* lyukakon átnézve húzzunk finom egyenes vonalat a láda fenekének belső részén, mint rajzunk mutatja, épen a függők síkjában. Ha a ládát eső is érheti, az egyenes vonalat ónlemezbe karczolhatjuk, melyet az *A* és *B* lyukakon át való beirányozás útján kellő helyzetben odaszegezünk.

Ha eltenben csillagok délkörátmenetét akarnók a szabadban megfigyelni, a délkör kijelölésének kissé más módjára van szükségünk. Kössük össze finom, körülbelül 6 m. hosszú fémsodronynak két végét és fektessük át két, a délkör síkjában levő ponton, mely körülbelül 1·8 méternyire van egymástól, (de lehetőleg úgy, hogy az északi 60 centiméterrel magasabban legyen, mint a déli); akaszszunk nehéz súlyt alul a sodronyra s mikor a súly lengése megszűnt, erősítsük meg jól a sodronyt a végleges helyzetben. A fényesebb csillagokat bármely delelési magasságban néhány másodpercnyi hibán belül megfigyelhetni, midőn a fonál-háromszögen áthaladnak. A csillagnak — jegyzékből kivehető — egyenes emelkedése adja közvetlenül a csillagidőt.

**A Nap délkörátmenetének megfigyelése.** — Közvetlenül a Nap delelése előtt kis kerek fényfolt látható a belső czeruzavonaltól nyugatra; magának a Napnak képe az, körülbelül öt milliméter átmérőjű s elég élesen körvonalozott, ha a tüvel szúrt nyílás finom és kerek. Rajzunk a napkép napfordulati szélső helyzeteit ábrázolja. Figyeljük meg, ha a napkép lassan a délkört jelző vonal felé közeledik és olvassuk le az órát, a mikor a napkép széle legelőször érinti a vonalat, a mi öt másodpercnyi bizonytalansággal történhetik. Egy percznél kevéssel később a napképet épen felezi a vonal; ezt az időt is leolvassuk és hasonlóképp annak idejét is, a mikor a napkép másik széle érinti a vonalat. Vegyük a három

leolvasott idő számtani közepét és adjuk ehhez, vagy vonjuk ki belőle, a 115. lapon található időegyenlítést. Így kapjuk a helyi középidoőt, a percz kis részét tevő bizonytalansággal, feltéve, hogy a függőket a délkörbe pontosan beirányítottuk és az átmenet megfigyelésére szolgáló ládát gondosan előkészítettük. Még egy, és pedig állandó javítás szükséges az esetben, ha az óra az egységes időt mutatja: ha a megfigyelés helye a kiindulási délkörtől nyugatra esik, a hosszúsági különbséget, időben kifejezve, hozzáadjuk; ellenben kivonjuk, ha a hely keletre van az alapdélkörtől.

**A Nap délkörátmenetének kiszámolása.** -- 1897 febr. 5-én Amherstben (Massachusetts, az alapdélkörtől keletre  $2^{\circ} 28' 50'' = 9$  percz  $55$  mp.) a következő átmeneti időket jelezte az óra:

	óra	p.	mp.	
A Nap szélének első érintkezése	12	24	8	
A napkép felezése	12	25	25	
A Nap szélének második érintkezése	12	26	33	
Középérték:	12	25	22	= a valódi dél óra-ideje.
Mint hogy a Nap késik, levonandó	14	16		= időegyenlítés.
Különbség:	12	11	6	= amherst-i közép délnék óra-ideje.
A hosszúságra való tekintettel levonandó	9	55		= keleti hosszúság az alapdélkörtől.
Különbség:	12	1	11	= az alapdélkör óra-ideje délben.
A hibátlan óra mutatna	12	0	0	
Különbség:	1	11		= a mennyivel az óránk egységes időhöz képest siet.

**Időmeghatározás csillagvizsgálón.** — Emlékezzünk vissza, hogy az égi testek egyenes emelkedését (rectascensio) az égi egyenlítő mentén a tavaszi nap-éjegylenlőségi pontból kiindulólág a csillag óráköréig 0 órától folytatólág 24 óráig kelet felé olvassuk. Mint az imént mutattuk, szakasztott ily módon folyik le a csillagidő is 0 óra 0 p. 0 mp.-től kezdve, a mikor a tavaszpont áthalad a délkörön, köröskörül 24 óra 0 p. 0 mp.-ig, a midőn a tavaszpont újból a délkörbe kerül. Ebből már most kiviláglik, hogy bármely csillag akkor van a délkörben, midőn a csillagidő egyenes emelkedésével egyenlő. De valamennyi fényesebb csillag egyenes emelkedését a csillagászok fáradságos

ságos munkával már régen meghatározták és feljegyezték az *ephemeris gyűjteményekbe és csillagkatalogusokba*. Ismeretes továbbá a Nap, Hold és bolygók egyenes emelkedése is. Ha tehát a gyakorlatban az időt akarjuk meghatározni valamely égi test délkörátmenetéből, fordítva következtetünk: egyszerűen megnézzük a csillag délkör-átmenetének idejét a csillagórán; ha ez az idő egyezik az égi test egyenes emelkedésével, nem hibás az óra. De ha — mint majdnem mindig tapasztalható — a délkörátmenet ideje eltér az egyenes emelkedéstől, a különbség az a javítás, melyet az óra leolvasásánál alkalmaznunk kell; annyival siet vagy késik az óra. De ha csillagóránk javítását ismerjük, bármely más óra hibája is adódik egyszerű összehasonlítás alapján. Csillagvizsgálókon a közép-időt ritkán határozzák meg közvetlen megfigyelés útján; inkább összehasonlítják a középidei órát a csillagidőt mutató órával, a melyből a helyes közép-időt számolással határozzák meg. A számolás céljából ismerni kell az ephemeriszekben szintén közzétett „déli csillagidőt“.

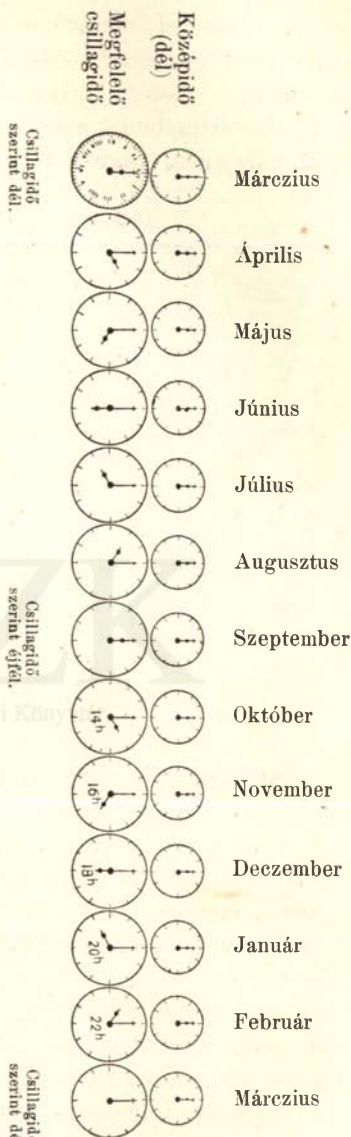
**A csillagidő és közép-idő összefüggése.** — Ezt az összefüggést a csillagászok a legnagyobb szabatosággal állapították meg és az itt szereplő mennyiségeknek folytonos hasznát veszik a pontos idő meghatározásában. A tulajdonképi összefüggés ime ez: Számoljuk ki mindenekelőtt, mekkorát halad a képzelt Nap 24 óra alatt kelet felé. Minthogy az égi egyenlítőt ( $360^0$ ) egy év, vagyis  $365\frac{1}{4}$  nap alatt járja be, minden egyes napra eső útja majdnem egy foknyi (pontosan:  $59' 8'' 33''$ ). Ez a szög, mint a legközelebbi fejezetben látni fogjuk, a Nap látszó átmérőjének közel kétszerese. Már most egy csillagnap lefolyása alatt az egész égi egyenlítő, vagyis  $360^0$ -nyi ív, halad el bármely adott hely délköre alatt. Ennélfogva a középnap alatt az egyenlítőnek majdnem  $361^0$ -nyi (pontosan  $360^0 59' 8'' 33''$ ) íve fog ugyanezen délkör alatt eltolódni. Ezen összefüggés alapján egyszerű aránylattal kiszámítható, hogy:

24 közép óra = 24 ó. 4 p. csillagidőben  
(pontosan 24 ó. 3 p.  $56' 55''$  mp.)

és 24 csillagóra = 23 ó. 56 p. közép-időben  
(pontosan 23 ó. 56 p.  $4' 091''$  mp.).

De a 24 csillagórára osztott csillagnap — mint láttuk — a tengelyforgásnak igazi ideje. Vigyázzunk tehát, midőn azt mondjuk, hogy a Föld 24 óra alatt forog tengelye körül; világosan hozzá kell tennünk, hogy csillagórákat értünk. Az *óra* szó, a mint rendesen, közelebbi részletezés nélkül használják, középórát jelent. Ezért az az idő, mely alatt a Föld a maga tengelye körül megfordul, nem 24 óra, hanem valójában 23 óra 56 p. 409 mp.

**A középdél csillagideje.** — Minden működő csillagvizsgálón kétféle óra található; az egyik csillagidőt mutat, a másik középidőt. Tegyük fel, hogy mindkettőt úgy szabályozták, hogy kifogástalanul járjon. Márczius 20-ika táján középidő szerint délben, mikor a képzelt Nap a napéjegyenlőségi kolúron áthalad, indítsuk meg mindkét óraművet a mutatók 0 ó. 0 p. 0 mp. állásából. Mikor középidő szerint újból dél lesz, a középidőt jelző órán megint 0 ó. 0 p. 0 mp. van és új csillagászati nap kezdődik; de a csillagórán ugyanebben a pillanatban 0 ó. 3 p. 56·55 mp. idő olvasható, mert minden 24 óra alatt e különbséget nyeri. A következő napon középidő szerinti délben a csillagóra 0 ó. 7 p.



70. ábra.

A csillag- és középidő viszonya az év folyamán.

53:11 mperczet mutat és így tovább, folytonosan, naponta mintegy 4 perczcel többet. Rajzunk ezt a kölcsönös vonatkozást egy egész év tartamára szemlélteti. Azt az időt, melyet a középidéi délben a pontosan járó csillagóra mutat, a középdél csillagidejének, vagy rövidebben déli csillagidőnek mondjuk.<sup>1</sup>

A középdél csillagidejének táblázata.

A középidőhöz		Hozzáadandó		A középidőhöz		Hozzáadandó	
		óra	p.			óra	p.
jan.	1.	18	45	júl.	1.	6	40
"	15.	19	40	"	15.	7	35
febr.	1.	20	45	aug.	1.	8	40
"	15.	21	40	"	15.	9	40
márcz.	1.	22	40	szept.	1.	10	45
"	15.	23	35	"	15.	11	40
ápr.	1.	0	40	okt.	1.	12	45
"	15.	1	35	"	15.	13	40
máj.	1.	2	40	nov.	1.	14	45
"	15.	3	35	"	15.	15	40
jún.	1.	4	40	decz.	1.	16	45
"	15.	5	40	"	15.	17	40
júl.	1.	6	40	jan.	1.	18	45

Mínt hogy azonban nem készíthetnek oly órát, mely az időt folytatólagosan feltétlen pontossággal mérné, a déli csillagidőt nem nézik le óráról, hanem kiszámítják és közzéteszik az *Ephemerisek*-ben, vagy a csillagászati évkönyvek gyűjteményében, melyet néhány állam külön hivatala két-három évvel előre szokott kiadatni. Mínt hogy a déli csillagidő az év minden napján az első délkör alatt fekvő bármely helyre nézve feltétlenül pontos, ez az idő minden más helyre is átszámolható, mi végett csak egy, a hely hosszúságától függő állandó javítás alkalmazandó. Világos, hogy ismernünk kell a csillagidőt, ha a középidőt a csillagidővel bármely pillanatban összehasonlítani akarjuk és a két időnek egymásba való átszámol-

<sup>1</sup> Közelítő értéke bármely nap számára könnyen meghatározható a fent közölt táblázatból. Ha az adott nap nem 1-eje és nem 15-ike, akkor a legközelebbi táblaértékhez annyszor adunk 4 perczet, a hány nappal későbbi az adott nap.

lása a gyakorlati csillagász leggyakoribb feladatainak egyike. Egy-két percz alatt elvégezhető és a másodpercnek  $\frac{1}{100}$  részéig pontos.

**A hosszúság meghatározása.** — A hosszúság az a szög-távolság, melyet a Föld egyenlítőjén valamely első délkörtől a hely délköréig mérünk. Angliában az első délkör a greenwichi királyi csillagvizsgálón, Franciaországban a párisi, az Egyesült Államokban a washingtoni csillagvizsgálón megy át. A hosszúságot kifejezhetjük iv- vagy időmértékben. Minthogy a Föld egyenletes tengelyforgásával szolgáltatja időmértékünket, földtekénk délköreinek egyenletesen kell elhaladniuk a csillagok alatt; úgy, hogy valamely hely hosszúságának meghatározása annyi, mint megállapítani, hogy a helyi idő ott mennyivel van előbbre, vagy hátra az első délkör helyi idejéhez képest.

Oly helyeken, melyek hosszúságának különbségét keressük, leggondosabban kiigazított átmeneti műszereket állítunk fel. A megfigyelések sorozatával (rendesen csillagok átmeneteit vizsgálva) mindkét helyen megállapítjuk a helyi időt. Azután az elektromos táviró útján mindkét állomás idejét automatikusan összehasonlítjuk; a helyi idők különbsége közvetlenül az időben kifejezett hosszkülönbség. Az a hely, melynek ideje előbbre van, keletibb fekvésű. Ha a két állomást nem köti össze táviró vonal, vagy kábel, közvetett és kevésbé pontos módhoz kell folyamodni a helyi idők összehasonlítása céljából. Oly szabatos a távirati módszer, hogy a Washington és Greenwich között levő távolság meghatározásánál nem csúszhatott az eredménybe nagyobb valószínű hiba, mint 90 méter a Föld felszínén lemérve, és a hol csak szárazföldi táviró vonalak segítségével történik az összehasonlítás, két hely kölcsönös távolsága még ennél is nagyobb pontossággal határozható meg. Rendesen öt-hat éjjelen át folyik az idő meghatározása és a távirati jelek váltása; az egész műveletet pedig, mely a hosszúság meghatározását eredményezi, hosszúsági *campagne*-nak lehetne nevezni.

**Egységes idő.** — Ezelőtt csak néhány órányi út után már kénytelen volt az ember óráját az érkezési hely helyi idejéhez igazítani. Boston és New-York helyi ideje 12 percz-

czel különbözik, hasonlóképp New-Yorké és Washingtoné; és néhány évvel ezelőtt még mindenütt kizárólag a helyi idő szerint számoltak. Végre elhatározták, hogy egységes időt állapítanak meg, mely a vasutak menetrendjében és a polgári élet ügyeiben irányadó legyen; 1883 novemberében ezt az intézkedést országszerte életbe léptették és most az Egyesült Államok egész területe minden nap delén időjelzéseket kap Washingtonból. Az egész ország négy, délkörök határolta övre oszlik, melyek mindegyike közelítőleg 15 hosszúsági fok szélességű, úgy hogy a szomszédos kettő-kettőnek időkülönbsége épen egy óra. Az egész „keleti“ zóna a Greenwich-től számított 75-ik délkör idejét követi; itt tehát az óra Greenwichhez képest 5 órával hátra van. Ez az alapdélkör majdnem teljesen egyezik Utica és Philadelphia helyi idejével és Buffalóig érvényes. Innen kezdve az órák egy órával korábbi időt mutatnak, mert a „középső“ zóna kezdődik, hol az idő hat órával hátrább van, mint Greenwichben és a 90-ik délkör helyi idejének felel meg, mely majdnem pontosan Saint-Louis tényleges idejével egyezik. Ez a szakasz Dakota közepéig terjed és Texast is magában foglalja. A „Mountain“ vagy 105. délkörbeli idő még egy órával korábbi időt jelez, Greenwichhez képest hét órával késik és közelítőleg Denver helyi idejével egyezik. Ez a zóna Ogden-ig terjed Utahban; végre a „Pacific“ szakasz, mely a 120-ik délkör idejét követi, nyolcz órával késik Greenwichhez és tiz perczcel siet San-Francisco helyi idejéhez képest.

Ez minden órához kötött dologban nagy egyszerűsítés, különösen pedig a nagy vasutak menetrendjében. Elméletben ugyan egyenlők a zónák, de a valóságban korántsem, mert az egyes határdélköröktől nagy eltéréseket engednek meg oly czélból, hogy ugyanazon vasúti hálózatban csak egyféle idő legyen, vagy csak nagy csatlakozási pontokban álljon be változás. Azok a városok, melyek a változás pontján fekszenek, akármelyiket használhatják a kétféle idő közül és szabadon választhatnak; így például Buffalo keleti időt használ, habár középső zónaidő ép úgy helyén volna; vagy Ogden a „Mountain“ zóna idejét választja a „Pacific“ helyett. Mindenütt, a hol az egységes idő használatos, minden óra percz-

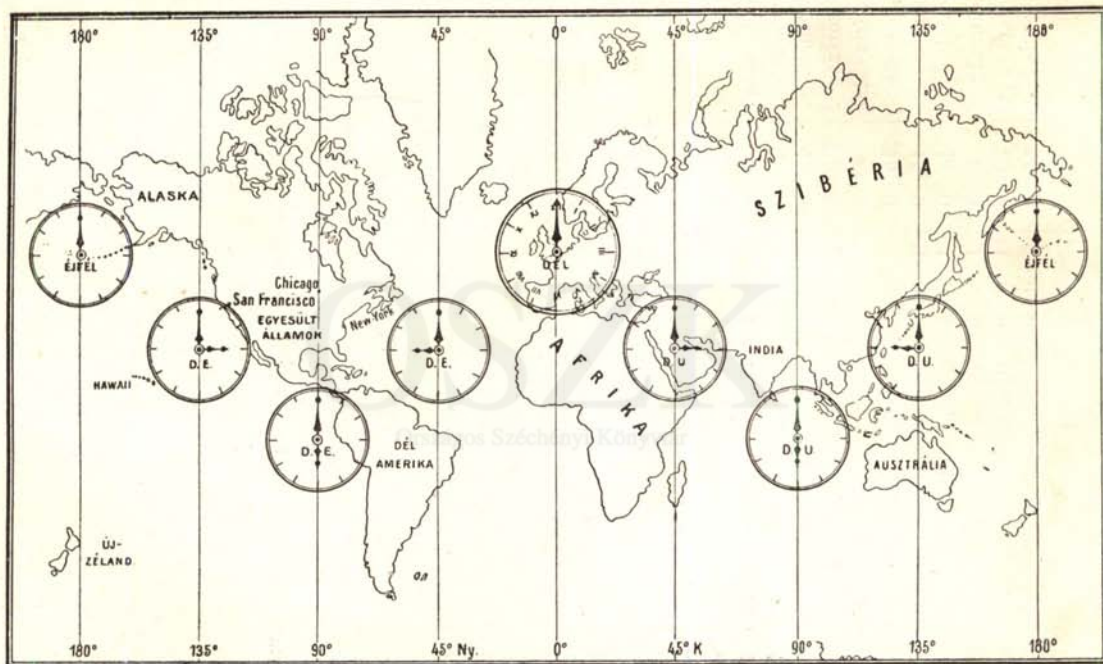
és másodpercz-mutatója egyezik, csak az óramutatók térnek el egymástól. Ha egyik zónából a másikba jutunk, csak az óramutatót kell egy órával eltolni; előre, ha kelet felé, hátra, ha nyugat felé utazunk. Az Egyesült Államokban a pontos időt golyókkal jelzik, melyeket Boston, New-York, Washington és egyéb városokban leejtenek, továbbá automatás órákkal, melyeket a *Western Union Telegraph Company* elektromos árama tart rendben. A newyorki időjelző golyó le van rajzolva a 2. ábrán.

**Egységes idő idegen országokban.** — A legújabb időben az egységes időt majdnem általánosan elfogadták a Föld főbb államai. Szinte kivétel nélkül oly alapidékköröket választottak, melyeknek hosszúsága Greenwichől számítva egész órákban kifejezhető. Mennyi a helyi idő a világ különböző részeiben, mikor Greenwichben déli tizenkettő az óra, (a 130. lapon) a Mercator térképen látható. A mely állam majdnem teljesen két határdékkör övébe esik, az kivételesen a középső, félórai dél-

Egységes idő idegen országokban.

Ország	Alapidékkör Greenwichől keletre	Mennyivel van előbbre az idő?	Ország	Alapidékkör Greenwichől keletre	Mennyivel van előbbre az idő?
		ó. p. mp.			ó. p.
Angolország.	0° 0'	0 0 0	Fokgyarmat .	22° 30'	1 30
Franciaország.	2 20	0 9 21	Natal . . . . .	30 0	2 0
Németország.	15 0	1 0 0	Nyugat-Ausztrália . . . .	120 0	8 0
Olaszország .	15- 0	1 0 0	Japán . . . . .	135 0	9 0
Ausztria - Magyarország <sup>1</sup>	15 0	1 0 0	Dél-Ausztrál.	135 0	9 0
Dánia . . . . .	15 0	1 0 0	Victoria . . .	150 0	10 0
Norvégia . . .	15 0	1 0 0	Queensland .	150 0	10 0
Svédország .	15 0	1 0 0	Tasmania . .	150 0	10 0
Belgium . . .	15 0	1 0 0	Uj-Zéland . .	172 30	11 30
Hollandia . .	15 0	1 0 0			

<sup>1</sup> Nálunk a középeurópai időt, mely igen közel Fiume helyi idejével vág, BAROSS GÁBOR hozta be 1890 okt. 1-én, még pedig nem csupán a forgalom számára, hanem a közéletben is. Budapesten a zónaidő 16 percz 15 mperezzel késik a helyi időhöz képest. R.



71. ábra.

Helyi idő világszerte, ha Greenwichben déli 12 az óra.

kör idejét is használja. Néhány európai városban, különösen Londonban és Párisban a pontos időt egy központi állomás vagy csillagvizsgáló automata normálórája jelzi. A legfontosabb idegen országok, hol egységes idő divik, elfogadott alapdél-köreikkel a 129. oldalon levő táblázatban vannak felsorolva.

Tehát, a kik ez országokban utaznak, óráikat csak a jelzett időkülönbségek szerint igazítsák. Önként érthetőleg csak az órákat jelző mutatót kell eltolni, a másodperc- és perczmutatók mindazon órákon, melyek az Egyesült Államokban, Japánban, Ausztráliában és majdnem egész Európában egységes idők szerint járnak, egyformán mutatnak, csak óramutatóikban van eltérés.

**A Föld forgása egyenletes.** — Most már látható, hogy a Földnek tengelyforgása nagy hasznára válik nemcsak a kutatásaival elfoglalt csillagásznak, hanem általában az emberiségnek azzal, hogy az idő mérésére nagyon alkalmas módot szolgáltat. Minden ezen forgás abszolút egyenletességén alapul. Ebben föltétlenül bizunk, sőt bizunk kell. De e fontos tényről teljes meggyőződést is szerezhethünk, ha más égi testeknek, különösen a Holdnak, továbbá a Földnek és Merkur bolygónak a Nap körül való mozgásával hasonlítjuk össze. A forgás-sebesség változása, ha ugyan létezik, számításba sem jöhet és időnként való csökkenését — úgy látszik — ellensúlyozza más időben való növekedése. Ha tehát tényleg vannak szabálytalanságok, ezek az idő teltével kiegyenlítődnek, miért is a nap tartama változatlan marad. A Föld tengelyforgásának egyenletességét kritikai vizsgálat tárgyává tette NEWCOMB. Eljárása az egy ezred másodpercznyi változást ezer év alatt is szükségkép kimutatta volna.

**A napéjgyenlőségi pontok hátrálása (praecessio).** — A napéjgyenlőségi pontok lassú mozgásban vannak, a mi részben onnan ered, hogy a Föld tengelye körül forog. Az ekliptika helyzete változatlan marad és az egyenlítővel alkotott szöge is gyakorlatilag mindig ugyanaz; tehát a napéjgyenlőségi pontok mozgása, melynek *hátrálás* a neve, abban áll, hogy az egyenlítő az ekliptika mentén lassan tovasiklik. A napéjgyenlőségi pontok e mozgása nyugot felé tart és évente körülbelül  $50\frac{1}{4}''$ -et tesz ki, úgy hogy nem egészen 13,000

esztendő alatt a tavaszpont a jelenlegi ősypont helyébe lép, 25,900 esztendő alatt pedig a hátrálás teljes körre nőtt és mindkét napéjegyenlőségi pont visszatér kezdeti helyzetébe.

A napéjegyenlőség hátrálása annyira fontos a csillagászatban, hogy e tünemény teljes megértése igen kívánatos. Vizzel majdnem színültig töltött dézsa fölött függeszszük fel



72. ábra.

A praecessio érzékitése.

egy hordó abroncsát három zsinórral úgy, hogy két egyenlő hosszúságú zsinór egy átmérő végpontjainál legyen az abroncs-hoz kötve. A harmadik, mintegy 5–10 cm.-rel rövidebb zsinórt úgy erősítjük oda, hogy a másik kettő között középen legyen. Az így kapott három ponthoz körülbelül fél kilogramnyi súlyokat illesztünk. A három zsinórt közel egy méter magasságban az abroncs fölött összefogjuk és felső

végét még egy méternyi hosszúságban jobb felé összecevarjuk. A Föld ábrázolására bármely gömb alkalmas, melyet az abroncs közepén átmérőt alkotó rúdra erősítünk. A Föld tengelyét az abroncs síkjára merőleges kötöttü alkothatja. Az összecevarított zsinórt — mint a rajzban látható — horogra függesztjük, melyet oly magasságban kell elhelyezni, hogy az abroncs a két hosszabb zsinór végpontjáig vízbe merüljön. E pontok a napéjegylenlőségi pontokat ábrázolják, az abroncs az égi egyenlítő, a víznek felszíne pedig az ekliptika síkját helyettesíti. A rövidebb zsinórt addig igazítjuk, míg az abroncs körülbelül  $23\frac{1}{2}$  fok szög alatt hajlik a vízhez. Most az abron-



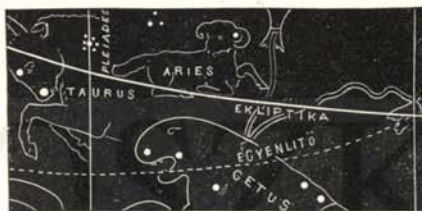
73. ábra.

A tavaszpont a Bikában (Kr. e. 2200.).

csot hagyjuk szabadjára és óramutató irányában fog körülperdülni; a hosszabb zsinórokhoz illesztett súlyok mozgása megfelel a napéjegylenlőségek hátrálásának, a körülforgás tartama képviseli e hátrálás 25,900 évet igénylő hosszú periódusát. Az állatöv jegyeinek mentében (Kos, Halak, Vizöntő irányában) való mozgást nyíl jelzi a 62. lapon levő rajzunkban. Az ekliptika sarka  $E$ ; e körül mint középpont körül mozog  $P$ , a Föld pólusa, kis  $PpSV$  kört írva le, melynek átmérője  $47^\circ$ .

**A hátrálás hatásai.** — Ezen hátrálás következtében a csillagok egyenes emelkedése és elhajlása, mely az egyenlítőre mint alapsikra vonatkozik, folytonosan változik. A napéjegylenlőségi pontok mozgását HIPPARCHOSZ (Kr. e. 150) fedezte fel. Mintegy 2200 évvel Kr. e. a tavaszpont a *Fiastyúk* (Plejádok) közelében volt, mint rajzunkon látható. Azóta hátrafelé

ment, nyugat felé 60 foknyira haladt végig a *Kos* jegyén, úgy, hogy most már a *Halak* nyugati részében van, mint másik rajzunk szemlélteti. Most tehát az állatöv jegyei nem felelnek meg az ugyanoly neveket viselő csillagképeknek. HIPPARCHOSZ idejében megvolt az egyezés; idő teltével azonban a két rendszer eltérése mindinkább fokozódik. Minthogy a Föld tengelyének iránya a világtérben változik, az ég északi sarka lassú mozgásban van; a csillagok között kis kört jár be, melynek középpontja az ekliptika sarka és melyben egy körforgás ideje a hátrálás periodusával azonos.<sup>1</sup> Az oly fontos *Polaris*, mely jelenlegi sarkcsillagunk, minthogy az észak felé meghosszabbított földtengely és az égboltozat átmetszés-



74. ábra.

A tavaszpont most a Halakban van.

pontjához nagyon közel áll, a multban nem volt mindig sarkcsillag és a jövőben sem lesz mindig az. Ha a sarkköri csillagok útjainak fotografiáit oly módon, mint a 29. lapon, néhány száz évi időközökben mindig újból készítenék, az egyes csillagok által befutott ívek görbülete időnként megváltoznék. Mintegy kétszáz esztendő múlva a valódi északi sark valamivel közelebb lesz Polarishoz, mint jelenleg; még

<sup>1</sup> Ha a greenwichi délkörből kiindulólág osztott földgömbön az első délkört nyugotra, Ferróba visszük át, az a látszat kel, mintha minden földfelületi pont közel 20<sup>o</sup>-kal keletre vándorolt volna. Így a napéjegyenpont hátrálása az égen hasonlóképen oly hatású, mintha minden csillag kivétel nélkül az ekliptika mentén keletre, azaz előre nyomult volna. Az állócsillagok látszó mozgása tehát: a *praecessio* (előrenyomulás), a napéjegyenlőségi pontnak megfelelő tényleges mozgása pedig a *hátrálás*. Az angol nyelv a jelenség okát és okozatát is *praecessiónak* nevezi, a magyar különbséget tesz.

később e csillagtól el fog távozni. Kr. e. 3000 körül *Alfa Draconis* volt a sarkcsillag és 12,000 évvel ezután *Vega* (*Alfa Lyrae*) fog e kitüntetetéshez jutni. A mi a csillagoknak az ekliptikára vonatkozó helyzetét illeti, a szélességek nem változhatnak, mert maga az ekliptika mozdulatlan. De a hosszúságoknak változniok kell, ép úgy, mint az egyenes emelkedéseknek, mert a mozgó tavaszponttól számítjuk.<sup>1</sup> A tengelyforgáson kívül a Földnek még másik elsőrangú fontosságú mozgása is van, mely most lesz fejtegetésünknek tárgya.

---

OSZK  
Országos Széchényi Könyvtár

<sup>1</sup> Az állócsillagoknak ezen látszó keletre nyomulását praecessionak nevezzük.

## VII. FEJEZET.

### A FÖLD A NAP KÖRÜL KERING.

Eddigélé csak azt a látszó mozgást magyaráztuk, mely valamennyi égi testnek közös sajátja, hogy keleten felkelnek, a délkörön keresztül haladnak és nyugaton leáldoznak. Habár e mozgást a régi csillagászati rendszerekben valóságosnak tekintették, láttuk, hogy ez mint tisztán látszó mozgás is kielégítő magyarázatot talál, ha abból indulunk ki, hogy a Föld minden 24 órában egyszerüen tengelye körül forog. Most az égbeli mozgásoknak egészen más nemét fogjuk szemügyre venni, melyről tudjuk, hogy valóban végbemegy, mert megfigyeléseink tanusítják, hogy a Naphoz, mint középponti testhez tartozó égi testek között egy sincs, mely mozdulatlan volna. E ponttal még behatóan fogunk foglalkozni a bolygókról szóló későbbi fejezetben. Az említett testek — ép ellenkezőleg — folyvást mozogni látszanak a csillagok között, hol előre vagy kelet felé, hol meg hátra vagy nyugat felé. A meddig a csillagászat gyermekkorát élte, sarkalatos hibába estek az emberek; túlságos fontosságot tulajdonítottak a Földnek, mint lakóhelyünknek és természetesnek találták, hogy oly közép-pontnak tekintsék, mely körül az egész világegyetem forog. Évszázados kutatások kellettek, hogy e tévedést jóvá tegyék és az égi mechanizmus igazi viszonyait csak akkor tudták megérteni, midőn a valódi mozgásokat kifürkészték és a látszólagosak helyébe léptették. A Föld szerepe ekkor, kénytelen-kelletlen, oly jelentéktelenné zsugorodott össze, a milyen a csak

szerény méretű bolygót megilleti, mely mozgásában maga is a Nap ellenállhatatlan vonzásának engedelmeskedik.

**A Nap látszó évi mozgása.** — Mindenekelőtt újból megfigyeljük a Napnak keleti irányú látszólagos mozgását. Mihelyt besötétedett, felhőtlen éjjel nézzük meg, milyen csillagok vannak épen déli irányban és jó magasan a délkörben. Egy hét múlva, de ugyanabban az esti órában, keressük ugyanazokat a csillagokat és a délkörtől nyugatra, attól több foknyira lesznek láthatók. Honnan e változás? Azok a csillagok és velük a többiek mind látszólag nyugati irányban a Nap felé mozdultak, vagy pedig — a mi ugyanaz — a Napnak keletre e csillagok felé kellett mozognia. De a mi a Nap mozgásának látszik, az — mint mindjárt meg fogunk győződni — a valóságban a Földnek a Nap körül való mozgása. Ha Földünknek nem volna légköre, a csillagok nappal is láthatók volnának, még azok is, melyek közvetlenül a Nap mellett állanak; ekkor tehát közvetlenül és műszerek használata nélkül napról-napra láthatnók, miként közeledik a Nap az útjában fekvő csillagokhoz s miként előzi meg ezeket. Néhány megfigyelés már kimutathatná, hogy a Nap mindennap látszólag saját átmérőjének kétszeresét, azaz  $1^0$ -nyi utat fut be. Arról is meggyőződénk, hogy a csillagok közepette megfutott pályája évről-évre ugyanaz marad. Ez az évi út, melyet a Nap a csillagok között bejár, az úgynevezett *ekliptika*, melyet a csillagászok épen változatlan helyzete miatt a legrégebb idő óta vonatkoztatási alapsíknak választottak. Hogy mint ilyen mennyire alapvető, arról már szó volt a II. és III. fejezetben; az ekliptika rendszerében a legfontosabb alapsíkul szolgál.

**A Nap látszó mozgása a valóságban a Földnek mozgása.** — Mi okozza a Napnak imént leirt látszólagos mozgását?

Válaszszunk ki lehetőleg tágas szobát, melynek közepén nagy lámpa függ. Ez utóbbit az óramutató mozgásával ellenkező irányban járjuk körül, arcczal mindig feléje fordulva; észre fogjuk venni, hogy a lámpa látszólag mozog a falon levő tárgyak között és elhalad mellettök. A lámpa ugyanoly szögsebességgel mozog, mint a megfigyelő és ugyanabban az irányban. Most a megfigyelő helyébe képzeljük a Földet, a lámpa helyébe a Napot, a falon levő tárgyak helyébe az álló

csillagokat. A lámpán és a szemén át fektetett vízszintes sík az ekliptikát képviseli; a lámpát egyszer körüljárva, az évnek megfelelő utat teszünk.

Ilyenmő egyszerű kísérlet világos fogalmat nyújt a Nap látszó mozgásának igazi magyarázatáról: ez a nagy fénylő test maga mozdulatlan ama bolygók családja, vagy rendszere közepében, melyeknek a mi Földünk csak egy tagja; és ezen lakóhelyünk évi vándorlása e középpont körül kész teti látszó mozgásra a Napot. Ha mégis

nem látnók még át, mikép lehet a Föld mozgása valódi oka annak, hogy a Nap látszó évi körfutását végzi az ekliptikában, álljunk magunk a lámpa helyébe és vitessük ezt körül az óramutató járásával ellenkező irányban. Szemünket e közben mindig a lámpára szegezve, megfigyelhetjük, hogy a

lámpa most a falon látszólag ép úgy jár körül, épen abban az irányban és oly sebességgel, mint mikor a lámpa állt és a megfigyelő kerülte meg.

#### A Föld pályája az ekliptika síkja. ---

Azt az utat, melyet valamely test a térben egy másik test körül valósággal megtesz, *pályájának* mondjuk. A Föld pályáján is azt az utat értjük, melyet évente a Nap körül ir le. Mi ugyan nem láthatjuk a Naphoz közel álló csillagokat és nem is figyelhetjük meg a Napnak helyzetváltozását az égen, de állami csillagvizsgálókon megfelelő műszerekkel valójában ezt teszik. És míg a Földről ekkép megfigyelik a Nap helyzetét, elképzelhetünk hasonló csillagvizsgálót a Napon,



DÉL.

75. ábra.

D. e. 6 ó. A Föld mozgása felfelé tart.



DÉL.

76. ábra.

Déli 12 ó. A Föld nyugot felé mozog.

melyen egyidejűleg jegyeznék a Földnek a csillagok köz<sup>st</sup> elfoglalt helyét. Minden a Földön végzett napmegfigyelés és a Napon képzelt megfelelő földmegfigyelés éppen  $180^{\circ}$ -os különbséget tüntetne fel. De valamennyi a Földön végzett napmegfigyelés benne van az ég ama legnagyobb körében, melyet ekliptikának nevezünk, tehát a Földnek a Napról megfigyelt helyzetei (azaz a Földnek tényleges helyei a térben) szükségkép szintén az ekliptikában vannak. Ezért e helyek egy és ugyanazon síkban fekszenek.



DÉL.

77. ábra.

D. u. 6 ó. A Föld mozgása lefelé tart.



DÉL.



78. ábra.

Éjféli 12 ó. A Föld kelet felé mozog.

sem lehet hatósággal, semmi hatósabb segítségünkre, mintha minél gyakrabban jelezzük azt az irányt, melyben a Föld tényleg halad. Ha látjuk, hogy ez irány a nappal és éjszaka órái szerint fokozatosan és szabályosan változik és hogy mily változásban van valamely szoba vagy épület mozdulatlan vonalaihoz, nemsokára szilárd meggyőződésünkké fog válni az a nagy igazság, hogy a Föld évente körüljárja a Napot.

Nyujsuk ki két karunkat derékszög alatt, mint ábráinkon láthatni. Forduljunk sarkon, míg bal karunk a Nap felé mutat, akár a szemhatár felett legyen ez, akár alatta. A bal kar ekkor az ekliptika síkjában lesz. A karok derékszögű állását megtartva, hozzuk a jobb kart is lehetőleg az ekliptika síkjába, a mi úgy végezhető, mint már a 65. lapon mondtuk. Ekkor a jobb kar azt az irányt fogja

mutatni, melyben a Föld a térben épen halad. A mi ábránkon a nyilat tartó jobb kar szeptember második felében a helyi horizonra vonatkozólag mindig azt az irányt mutatja, melyben a Föld a térben mozog; e mozgás halad:

1. reggel 6 órakor felfelé oly pont irányában, mely körülbelül  $20^{\circ}$ -nyira van a zenittől délre;

2. déli 12 órakor északnyugati irányban, körülbelül  $10^{\circ}$  magasságú pont felé;

3. délután 6 órakor lefelé az északi horizon alatt körülbelül  $20^{\circ}$ -nyira fekvő pont irányában;

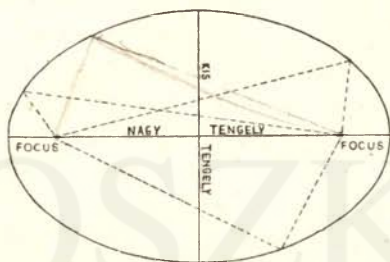
4. éjfélkor északkeleti irányban körülbelül  $10^{\circ}$ -nyi magasságú pont felé.

Szembetűnő, hogy a Föld mozgásának iránya egyszerűen oly pont iránya, melynek égi hosszúsága  $90^{\circ}$ -kal kisebb, mint a Napé. Ezt a mozgó pontot gyakran a *Föld útjának czélpontja* (*apex*) névvel jelölik.

**Változások a Föld mozgásának abszolút irányában.** — Egyik korábbi fejezetben kifejtettük, hogy kelet és nyugat, észak és dél adott helyen is mindig változik a Föld tengelyforgásával, minélfogva úgy kell képzelni ez irányokat, hogy a Föld felülete szerint köröskörül görbülnek. Azt is láttuk, hogy ugyanily viszonyok állnak fenn az éggömb főpontjaira nézve, úgy hogy kelet például, az égbolt egyik részében ugyanoly abszolút irány, mint nyugat az éggömb ellenkező oldalán. Teljesen ezen módon kell képzelnünk a Földnek a Nap körül való mozgását, mely a térben szintén folytonosan változik. Ha egyik pillanatban pontosan egy bizonyos csillag felé tart a Föld, három hónappal előbb és három hónappal utóbb is, a mozgás iránya derékszöget alkot a Nap és ama csillag összekötő vonalával és az adott idő eltelte után hat hónap múlva a csillagtól egyenesen eltávoznak. A csillagokról szóló fejezetben elő fogjuk adni, mikép lehet a Földnek e térbeli mozgását finom megfigyelésekkel a spektroszkop segítségével tényleg ki is mutatni.

**A Föld pályája ellipszis.** — Azt a szöget, melyet a Nap, a Földről nézve látszólag kitölt, a Nap látszó átmérőjének nevezzük. Ha e szöget néhány napi időközökkel az egész éven át méregetjük, az eredményeket elég tetemesen eltérőknek

találjuk. Nem volna észszerű feltevés, hogy magának a Napnak nagysága változik megfelelő módon. Miben kell tehát a magyarázatot keresni? Nyilvánvaló, hogy a Napnak távolsága a Földtől, vagy — a mi egyre megy — a Föld távolsága a Naptól változó mennyiség. Ezért a Föld pályája nem lehet kör, ha csak a Nap nem a középponton kívül áll. De magokból a megfigyelésekből, ha gondosan végezzük, ki fog tűnni a pálya igazi alakja. Nem szükséges tudni, mekkora a Nap valódi távolsága, mert itt merőben csak viszonylagos távolságokkal van dolgunk; az sem szükséges, hogy egyenlő időközökben végezzük megfigyeléseinket. Egy előbbi fejezetben



79. ábra.

Ellipszis gyújtópontjaival, tengelyeivel és vezérsugaraival.

láttuk, hogy valamely test látszó nagysága annál csekélyebb, minél inkább növekedik a távolság. Ezt az elvet kell a Napra vonatkozó mérésekben is alkalmaznunk.

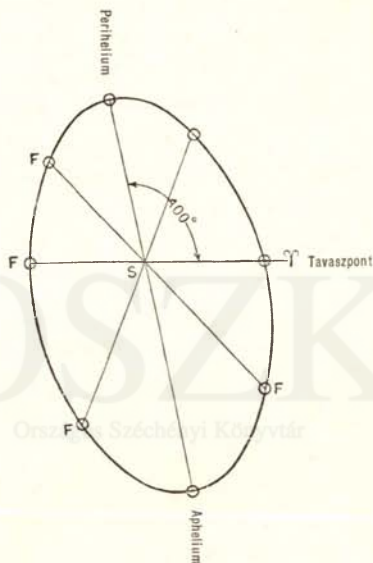
Egy pontból kiindulólá rajzoljunk papírra egyeneseket, melyek szögköze amaz ekliptikai irányoknak megfelel, melyekben a Nap látszó átmérőjét megmértük. A középpontból levágunk az egyes sugarakon távolságokat, melyek ezen megfelelő látszó átmérőkkel visszásan arányosak és végre összekötjük a metszési pontokat szabályos görbe vonallal. Ha kimérjük e görbét, úgy találjuk, hogy csak keveset tér el a körtől, de tulajdonképp *ellipszis*, melynek egyik gyújtópontja a sugarak kiinduló pontja.

**Az ellipszis.** — Az ellipszis oly zárt síkgörbe, melyben bármely pontnak a görbén belül fekvő két ponttól mért távolságai összegül állandó mennyiséget adnak. Ez az állandó

mennyiség határozza meg az ellipszis méretét és hosszabb tengelyét adja, melyet nagy tengelynek nevezünk. (Lásd az ábrát.) A nagy tengelyhez az ellipszis középpontján át derékszög alatt húzott egyenes a kis tengely. A távolságokat határozó két pontot gyújtópontnak (focus) nevezzük, mindkettő a nagy tengelyen van, a középponttól egyenlő távolságokban. Oszszuk el a középpont és bármely gyújtópont kölcsönös távolságát a nagy tengely felével; ekkor oly hányadost kapunk, melynek neve *külpontosság* (*excentricitas*). Ezen mennyiségtől függ az ellipszis alakja. Ha a gyújtópontok egészen közel vannak a középponthoz, a külpontosság igen kicsiny és a görbe alakja a körhöz közeledik. Ha a középpont a két gyújtóponttal összeesik, nyilvánvaló, hogy az ellipszis tényleg körré változott. Ezt az ellipszis egyik határesetének mondjuk. De ha a gyújtópontok eltávoznak a középponttól és nagyon közel jutnak a nagy tengely két végéhez, az így keletkező ellipszis rendkívül ellapult és a határ, melyhez közeledik, a nagy tengelyvel egybeeső egyenes vonal.

**Az ellipszis határesetei.** — Ezt a két határesetet könnyű szemléletesen előállítanunk, ha valamely korongot (*a*) síkjára merőleges irányban és (*b*) széle felől nézünk. Ha a korongot  $90^\circ$  szög alatt egyik állásból a másikba hajlítjuk, az ellipszis a külpontosságnak minden lehető fokozatát mutatja. Az égi testek pályáinak külpontossága igen tág határok között mozog. Némely pálya majdnem tökéletesen kör alakú, más meg tetemesen lapult. Ha a Föld pályáját rajzoljuk, a lapultságot szükségkép nagyon túlzottan szoktuk feltüntetni, a miről nem szabad megfélekedni. A Föld pályájának külpontossága körülbelül  $\frac{1}{60}$ ; ez azt teszi, hogy a Napnak a pálya középpontjától való távolsága a nagy tengely felének csak  $\frac{1}{60}$  része. Ha tehát a Föld pályáját rendes lépték szerint valódi arányban kell feltüntetnünk, a szokásos eljárás az, hogy tökéletes kört rajzolunk, de a középponton kívül, a sugár  $\frac{1}{60}$  részét kitevő távolságra helyezzük a gyújtópontot. Ha a középpont nincsen megjelölve, akkor csak nagyon gyakorolt szem fogja észrevenni, hogy a gyújtópont nincsen épen a középpont helyén. És látni fogjuk, hogy számos égi test pályái még inkább megközelítik a kört, mint a mi Földünk pályája.

**Hogyan rajzoljunk ellipszist?** — Az ellipszis definitiójából önként következik e görbének egyik gyakorlati szerkesztés-módja. Megrajzolván a nagy és a kis tengelyt, emennek egyik végpontjából a fél nagy tengelylyel, mint sugárral körivet írunk le, mely a nagy tengelyt két pontban metszi. Itt lesznek a gyújtópontok. Kötözzük össze valamely finom, nem nyújtható fonal két végét, úgy, hogy a hurok egész hossza akkora legyen, mint a nagy tengely és a két gyújtópont kölcsönös távol-



80. ábra.

A Föld pályája (nagyon túlzott elnyúltsággal).

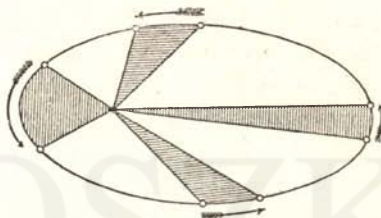
sága együttvéve. A gyújtópontokba egy-egy tűt tűzzünk s ezek köré fektessük a hurkot. Majd czeruza hegyével kifeszítjük a fonalat s körüljárjuk a gyújtópontokat. A czeruza nyoma kielégítő pontossággal ellipszist ír le.

**Elliptikus pálya vonalai és pontjai.** — A Föld a bolygók egyike és majd ha ezeket tárgyaljuk, az ellipszisekben való mozgások törvényeit is közölni fogjuk. Még későbbi fejezetben megmagyarázzuk az okát is, miért mozognak ily alakú pályákban. Itt néhány kifejezést hozunk be, melyet értenünk kell, ha a Föld mozgásával foglalkozunk. A pálya gyújtópontjai

közül csak az egyiket kell tekintetbe venni, azt, melyben mindig a fő égi test áll. Az ezen test  $N$  középpontjából az ellipszis valamely, például  $F$  pontjához húzott egyenes vonalnak neve *vezérsugár* (radius vector). Az a pont, melyhez a leghosszabb vezérsugarat húzhatni, a *naptávol* (aphelium), az a pont, melyhez a legrövidebb húzható, a *napközel* (perihelium). A leghosszabb és a legrövidebb vezérsugár összege akkora, mint a pálya nagy tengelye. A napközelt úgy, mint a naptávolt gyakran az ellipszis csúcspontjának (apsis) nevezük; a rajtuk átmenő és határtalanul megnyújtott egyenes vonalat, vagy gyakran a meg sem hosszabbított nagy tengelyt, *apsis-vonalnak* nevezik. Képzeljük, hogy csillag áll azon a helyen, hol az apsis-vonal a napközelség oldalán az éggömböt metszi. E csillag hosszúságának, vagyis a tavaszponttól az óramutató járásával ellenkező irányban mért szögtávolságának neve: a perihelium hossza. E hosszúság a Földre vonatkozólag  $100^\circ$ . A perihelium hosszúsága évről-évre igen lassan növekedik; más szóval a tengely kelet felé mozog, a nap-éjegyenlőségi pontok mozgásával ellenkező irányban. Már ez utóbbi mozgás is lassú; az apsis-vonal forgási sebessége amannak csak negyed része.

**A Föld pályájának jövője.** — Nemcsak, hogy az apsis-vonal körülforog, hanem az ekliptika ferdesége is (156. lap) kis mértékben változik, sőt a földpálya külpontossága is lassanként módosul az idők folyamában. Ezeket a tényeket már több, mint száz év előtt ismerték; de nem tudták a külpontosságra nézve, vajjon nem fog-e folytonosan egyirányban növekedni. Ha így állna a dolog, a Föld végtére, valahányszor napközelbe érne, megsülne és a naptávol felé haladva megfagyna; ekkép nem látszanék lehetetlennek, hogy bolygónk minden élete, bár igen távoli jövőben, elpusztulásra van kárthatva. De a XVIII. század második felében LAGRANGE, a nagy francia matematikus felfedezte, hogy a Föld pályája évezredekken át valóban mindinkább külpontossá válik, de ez a változás végtére megakad, ezután pedig újabb évezredek szakaszon át a pálya mindjobban megközelíti a köralakot. A külpontosság, mely most majdnem középértékű, a legközelebbi 24,000 esztendőn át csökkenni fog. Hasonlóképen meg-

állapította LAGRANGE, hogy az ekliptika ferdesége egyszerűen ingadozik a középértéken innen és túl levő szűk határok között. Ezeket a csekély változásokat, mert egész körfolyások nagyon hosszú időket kiván, csillagászati műnyelven szabados változásoknak (*variatio saecularis*) nevezik. Változatlanul csupán a középtávolság marad és ezzel együtt a Nap körül való keringés ideje. Minthogy e változások időtartamát a Földre nézve ismerjük, továbbá ismerjük a pálya külponosságát, valamint a napközeli pontjának helyét, ezért ha adott időre vonatkozó helyzetéből az égen kiindulunk, előre vagy hátrafelé számolva bármely múlt vagy jövőbeli időpontra



81. ábra.

A vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő felületeket sűrol.

vonatkozólag nagy pontossággal meghatározhatjuk a Napnak (és így a Földnek is pályáján való) helyzetét.

**A Föld mozgása a maga pályáján nem egyenletes.** — Ismét a Nap átmérőjének megfigyeléseihez folyamodunk, melyekkel kimutattuk, hogy a Nap körüli pályánk nem kör, hanem ellipszis. Ha e megfigyeléseket egyenlő időközökben tettük volna, lerajzolásuk alkalmával azonnal kitűnt volna, hogy azok a szögek, melyeken a vezérsugár végig surran, nemcsak általában egyenlőtlenek, hanem a napközeli legnagyobbak és a naptávolban legkisebbek. Matematikai levezetések útján könnyű a megfigyelt átmérők és a megfelelő szögek egybevetésével kimutatni, hogy határozott törvény szabályozza a Földnek pályafutását. KEPLER volt az első csillagász, ki e tény felfedezte s azért KEPLER törvényének mondjuk. Különösnek fog tetszeni, míg az okot nem ismerjük, a melyen alapul. A törvény egyszerűen ez: A vezérsugár egyenlő idők

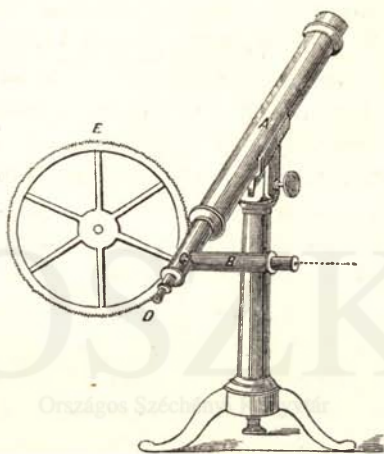
alatt egyenlő területeket súrol. Hogy rajzunk annál világosabbá tegye a dolgot, oly ellipszist ábrázoltunk, mely bármely bolygópályánál lapultabb. A törvény a következőket mondja: tegyük fel, hogy a Föld adott idő, mondjuk egy hónap alatt pályája különböző részein a nyilakkal jelölt íveket járja be: az esetben az ívek hosszúságai oly vonatkozásban állnak, hogy a hozzájuk tartozó árnyékolt területek egyenlők egymással. És ez az összefüggés a pálya minden pontjára áll, akármekkora a lefolyt időköz.

**A csillagász hosszegysége.** — Ha valamennyi vezérsugárnak számtani középértékét vesszük, oly vonalat találunk, melynek hossza akkora, mint a fél nagy tengelyé. Ezt a vonalat *középtávolság*-nak nevezzük. A Föld és a Nap középpontjainak egymástól való középtávolságát legközelebb a fénysebesség segítségével fogjuk meghatározni. Ez a távolság 149,5 millió kilométer és a naprendszer csillagászatában, általánosan alkalmazott mértékegységül szolgál. Ezért gyakran *távolság egység*-nek mondják, és a mennyiben más távolságok ez egységben vannak adva, azokat csak 149,5 millióval szorozzuk, hogy kilométerekben legyenek kifejezve.

Érdemes megkísérlelnünk, hogy ez elképzelhetetlen távolságról némi fogalmat szerezzünk. Felvilágosító példák segítségével talán lehetséges és három módon fogjuk megpróbálni. (a) Ha a Föld és a Nap között minden kilométeren egy-egy kétkoronás ezüstpénzt helyezhetnénk el, e kincs három tehersúlyt töltene meg (1839 tonna). Egymás mellé rakva, úgy hogy egyik a másikkal érintkezzék, 4350 kilométer hosszú sort nyernénk és ezüst kétkoronásokkal szegélyezhetnők hazánk egész határát, a Duna medrét is kijelölhetnők, a meddig magyar e folyó.<sup>1</sup> (b) Kísérletileg úgy találták, hogy az elektromos hullám közönséges sodronyokban egy másodperc alatt akkora utat tesz, mint New-Yorktól Japánig és vissza (a mi körülbelül 25,000 km.). Ha egy naplakó barátunkat kellene telefonon megszólítanunk, ez a kozmikus vonal alighanem több hosszúságot szerezne, mint bármely földi hálózat, mert ha barátunk rögtön

<sup>1</sup> Az angol eredetinek hasonló, féldollárokra és angol mérföldekre vonatkozó példáját így magyarítottuk.

felelne is, csak  $3\frac{1}{4}$  órai várakozás után érkeznek válasza hozzánk. (c) Tegyük fel, hogy valaki WASHINGTON GYÖRGY születésekor<sup>1</sup> vasúti gyorsvonaton a Nap felé indulhatott volna, oly vonaton, mely másodpercenként 96 kilométernyi utat tesz. Tegyük fel azonkívül, hogy ez a vonat azóta folyvást ugyan oly gyorsasággal haladna éjjel-nappal, minden megszakítás nélkül. Így is nagyon hosszantartó út volna az; utasunk tetemét még most is vinnék a Nap felé, mert a vonat csak 1907-ben érne oda.



82. ábra.

A fény terjedési sebességének lemérése.

**A fény sebességének kísérleti meghatározása.** — A fény a világegyetemben elképzelhetetlen gyorsasággal terjed. A fény nem anyag, mert a kísérlet azt bizonyítja, hogy fénynek fényhez való járulása sötétséget idézhet elő. Ily kísérlet lehetetlen, ha anyaggal van dolgunk. Minden fénylő test az éterben bizonyos hullámmozgást szül. Az éter pedig oly anyag, mely az egész világtér és a testek hézagait betölti. Tökéletesen rugalmas és súlya mérhetetlen. Minthogy a fény úgy terjed, hogy az éter részecskéi rendkívül gyors rezgésbe jönnek, ezt az anyagot fényterjesztő- vagy röviden fényéternek

<sup>1</sup> 1732 február 12.

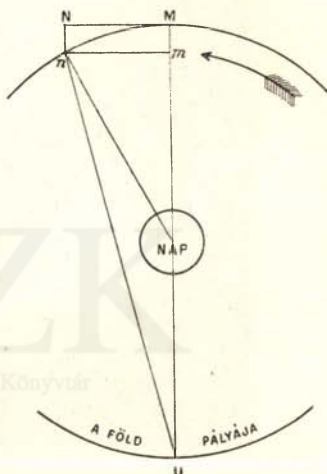
mondhatjuk. A hanghullámban mozgó levegő részecskéitől eltérőleg a fényhullám éterrészecskéi a sugár irányára merőleges keresztrezgéseket végeznek. A hullám terjedésének gyorsaságát fénysebességnek nevezzük. Nem nehéz ezt kísérlet útján tényleg meghatározni.

Ilyféle kísérletet tüntet fel rajzunk. A pontozott vonal irányában fénysugár esik a műszernek *B*-vel jelölt részére. E fénysugár *C*-nél visszaverődik és *A* távcsőből kilépve nagy távolságban elhelyezett tükörhöz jut, mely úgy veri vissza, hogy megint a távcsőbe kerül és végtére a néző szemébe ér, melyet *D*-nél képzelünk. A távcső látómezejében az *E* fogaskerék nyúl, melynek fogazatán át a kilépő és visszaérkező sugár is hatol. Míg a kerék áll, a visszatérő sugár a fogak hézagain keresztül teljesen látható. Most forgassuk gyorsan a kereket. Mialatt a kilépő sugár kifut a tükör felé és a kerékhez visszatér, ennek egyik foga már fődni fogja az előbb még szabad közt és ezért részben feltartóztatja a fénysugarat, úgy hogy a fénylő pont helyett csak gyenge fénysugarat látunk. Ha még gyorsabban forog a kerék, a visszatérő sugár teljesen láthatatlanná lesz, de fénye ismét fokozatosan megnő, ha a forgás gyorsaságát állandóan növeljük. Ez így mehet tovább és a fénynek több, mint húsz eltünése és újból való megjelenése észlelhető. A kerék gyorsaságát ismerjük, mert forgásainak számát automatásan jegyzi a (rajzunkban nem ábrázolt) hajtókészülék; a tükör és a kerék kölcsönös távolsága pontosan mérhető; ez adatokból pedig a fénysebesség kiszámítható.

Ezen kísérletet más hasonlókkal együtt gyakran ismételték Európában és Amerikában CORNU, MICHELSON, NEWCOMB és mások; az egybevetésekből származó végleges eredmény az, hogy a fényhullámok a légüres térben, tekintet nélkül a fény színére, egy másodperc alatt igen közel 300,000 kilométernyi utat tesznek.

**A Földpálya nagysága.** — Ha a csillagászat elemeinek magyarázatát megkönnyítjük vele, a Föld pályáját aggodalom nélkül köralakúnak tekinthetjük. Több száz esztendőn át megfigyelték a Jupiter körül keringő holdak mozgását és úgy találták, hogy a visszaverődő napfény, mely azokat láthatókká

teszi, igen közel 998 másodperczeni idő alatt futja be a Földpálya átmérőjét. Ezért  $\frac{1}{2} \times 998 \times 300,000$  kilométernyi e pálya félátmérője, vagyis ekkora a Földnek közép-távolsága a Naptól. A szorzás eredménye 149.700,000 km., a mi a középtávolság fentebb említett értékétől kevéssé tér el. Minden évben január 1-je táján a napközélbe ér a Föld; a földpálya külpontossága folytán január 1-én körülbelül 5 millió kilométerrel közelebb vagyunk a Naphoz, mint július 1-én. Óriási pályáján a mi földgolyónk, a napközélből kiindulva és oda visszatérve, egy naptári év leforgása alatt rohan végig. Mozgása tehát, mint látható, igen gyors. Rézpenzdarabot tartunk 1·23 méternyi magasságban ujjaink között és ejtsük le: épen fél másodperc alatt ér a földre. Oly gyorsan haladunk a Nap körül a Föld pályáján, hogy e rövid félmásodperc alatt 14·9 kilométernyire rohantunk előre. És minden következő félmásodperczen, éjjel úgy, mint nappal, az év minden hetében, és havában e majdnem felfoghatatlan gyorsaság változatlanul megmarad!



83. ábra.

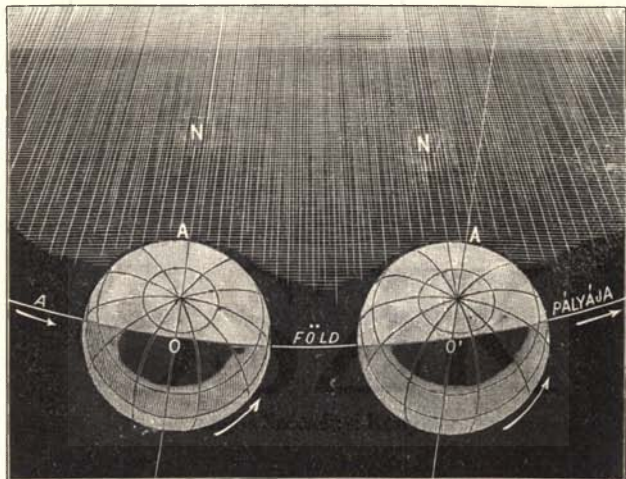
A Föld esése a Nap felé.

**Mennyire tér el a Föld az egyenes vonaltól egy másodperc alatt?** — Ha a Naptól való középtávolságunkat 149·5 millió kilométernek vesszük, a (körnek tekintett) földpálya kerülete 939 millió km. De a mint egy későbbi szakaszban látni fogjuk, egy csillagév, vagyis 365 nap 6 óra 9 p. 9 mp. kell, hogy a Föld egyszer körüljárja a Napot; tehát a mi földgolyónk egy másodperc alatt  $29\frac{3}{4}$  kilométernyi utat tesz a térben. Mennyire tér el e rövid idő alatt ösvényünk az egyenes vonaltól, illetőleg a körpálya érintőjétől? Tegyük fel, hogy a Föld egy másodperc alatt, ha a Nap vonzásának nem volna kitéve, egyenes vonalban *M* ponttól *N* pontig mozogna. De a vonzás következtében *Mn* ívet kell bejárnia. Ezen ívnek hossza  $29\frac{3}{4}$  kilométer, vagy körülbelül 0·04'' a

Napból nézve; és minthogy ez a szög igen kicsiny,  $Mn$  iv egyenes vonalnak tekinthető, tehát  $MnU$  derékszögű háromszög. Ezért

$$MU : Mn = Mn : Mm.$$

De  $MU$  a Naptól való távolságnak kétszerese, tehát  $Mm$ , a mely épen akkora, mint  $Nn$ , 2·96 mm. és ez a Földnek esése a Nap felé egy másodperc alatt. Így tehát a következő nevezetes eredményre jutunk: A Nap körüli pályánk görbülete



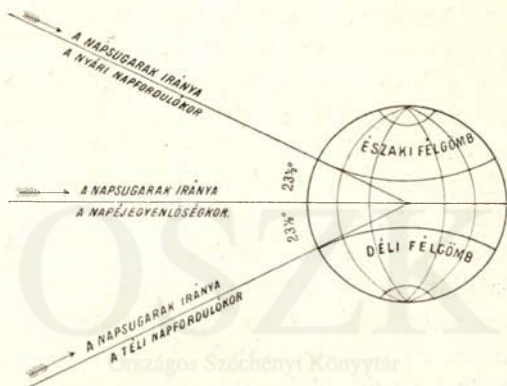
84. ábra.

A csillagnap és a napórai nap összehasonlítása.

oly nagyságú, hogy minden 30 kilométernyi út után 3 milliméternyire térünk el az egyenes vonaltól.

**A napórai- és csillagnap különbségének oka.** — Most már megmagyarázható, miért rövidebb a csillagnap, mint a napórai nap. Rajzunk segítségéhez folyamodunk. Ha a Föld nem mozogna a Nap körül, hanem egy helyben állna a világtérben, a csillagnap az az idő volna, mely alatt az egyenlítő  $A$  pontja az alsó nyíl irányában egyszer megfordul és visszaér a kiindulás pontjához. De mialatt egy csillagnap eltelik, a Föld a maga pályáján  $O$ -tól  $O'$ -ig halad. Úgy a Nap, mint valamely  $N$  csillag kezdetben  $AN$  irányban volt; de mert a Föld egyszer teljesen megfordult tengelye körül, a csillag

$O'A$  irányban fog látszani, mely párvonalas  $OA$ -val, minthogy  $OO'$  a csillag egész távolságának véghetetlenül kicsiny része. Ekkor egy csillagnap telt el. A Nap azonban  $O'N$  irányban van és a napórai nap nem telik be mindaddig, míg a Föld annyira nem forgott tova tengelye körül, hogy  $A$  az  $N$  alá kerüljön. Ehhez közel négy percz kell; így tehát a napórai nap hossza 24 óra rapidőben, míg a csillagnap, mely a Föld tengelyforgásának valódi ideje, csak 23 óra 56 p. 4'09 mp. rapidőben. Ép így a  $365\frac{1}{4}$  naptól álló közönséges esztendőben  $366\frac{1}{4}$  csillagnap van.



85. ábra.

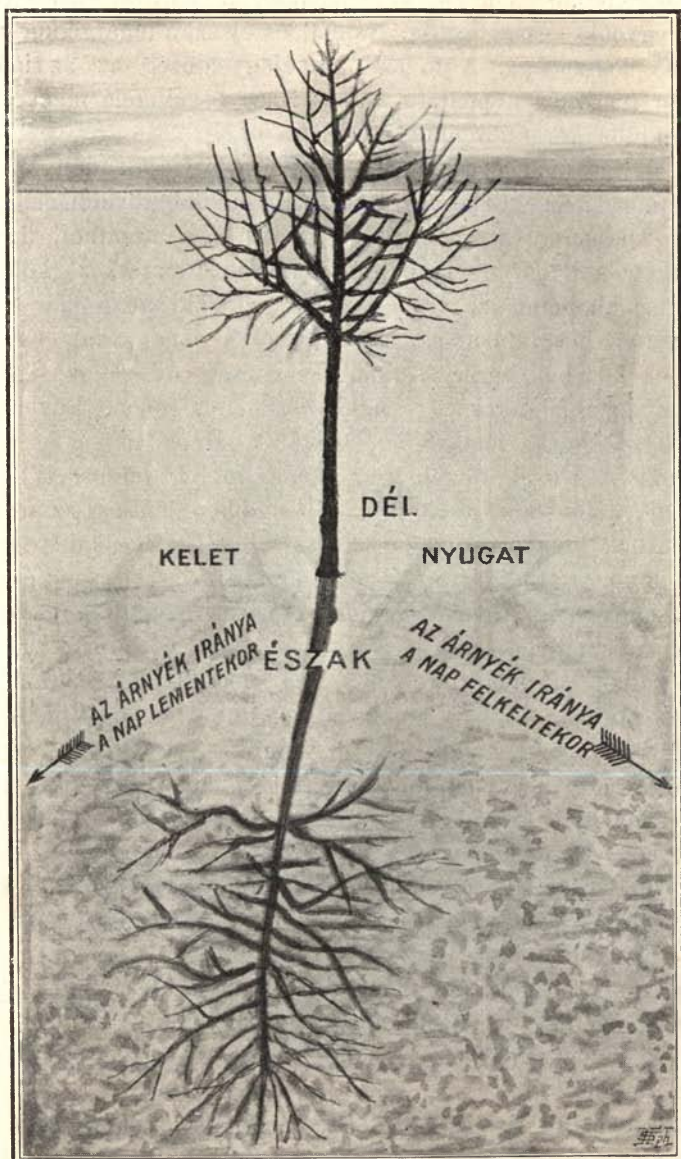
A napsugarak iránya az évszakok kezdetén.

**A Napnak évi északi és déli mozgása.** — Hogy a Nap a csillagok között kelet felé mozog, az abból a tényből következtetett, hogy a csillagok bizonyos adott órában minden éjjel jobban nyugat felé eltelve láthatók. Lássuk most a Napnak észak és dél felé tartó mozgását is. Erre a legcélszerűbb eljárás, hogy megfigyeljük, hová esik valamely hegyes tárgy déli árnyékának vége. Kezdjük a vizsgálódást az év bármely részében, például ősszel. Az árnyék napról-napra hosszabbodik, azaz a delelő Nap a zenitől mindjobban le- és délfele kerül. Mily mélyre fog végtére leszállni? És mikor fog az árnyék legnagyobb hosszának ideje bekövetkezni? A legdurvább észlelés is kideríti, hogy a déli árnyék december 20-áig folytonosan nő, de hosszának napi növekedését nagyon nehéz

lesz észrevennünk, annyira csekély. Most néhány napon át nem lesz kimutatható változás; a mi az észak vagy dél felé való mozgást illeti, úgy látszik, mintha a Nap állna. Minthogy ez a körülmény adott okot a *napmegállapodás* (*solstitium*) elnevezésre, jól megjegyzendő, hogy e szó mind időt, mind tért jelent. A téli napmegállapodás azon idő, a *mikor* (vagy az a pont, a *hol*) a legnagyobb déli elhajlást elérő Nap látszólag „megáll”. Ez az idő december 20.-a tájára esik. Csak karácsony után vehetni észre, hogy a Nap ismét észak felé mozog, de akkor is eleinte mindennap igen csekély mértékben.

**A Nap tél derekán.** — Az év más napjaival való összehasonlítás végett napfényes téli napon, a téli napforduló körül, fotografáljunk valamely kéznél levő tárgyat, melyre a kamarát déli irányban állíthatjuk be; lehet az például karsú kis fa árnyékával együtt. (Lásd ábránkat.) Figyelmünket el nem kerülheti, mennyivel rövidebb a fa, mint árnyéka, mert a Nap delelőpontja alacsony. Oly messze északra nyúlik a fa árnyéka, hogy egy része egészen a házig ért, a hol a kamara fel volt állítva. Győződjünk meg, hogy a fa árnyéka kelet-északkelet irányú naplementekor és megfelelőleg nyugot-északnyugot irányú napfelkeltekor. Ez utóbbit is megvizsgálhatjuk, mert a Nap most sokkal alkalmasabb időben kel, mint nyár derekán. Figyeljünk arra is, mily élesen határolt az árnyék a fa törzse közelében és mily elmosódó az ágak árnyéka. Ez onnan van, hogy a Nap fénye korongtól származik és nem egy pontból indul ki; a teljes árnyék mellett fél árnyék is van, tehát nem mindenütt teljesen sötét és körvonala annál bizonytalanabb, minél távolabb van az a fölület, melyre ráesik.

**A Napnak évi északi mozgása.** — Az év kezdetén túl kisérjük tovább is figyelemmel a Napnak lassú északi irányú mozgását. Napról-napra rövidebbé lesz a déli órában vetett árnyék és egyszersmind észrevehetjük, hogy a nyugoti horizon azon pontja, melyben a Nap lenyugszik, napról-napra többet vándorol északra. Jegyezzük meg a napot, midőn a Nap pontosan nyugoton nyugszik le; ez márczius 20-ika körül fog történni. Minthogy ekkor a Nap épen a nyugotpontban nyugszik le, előzőleg épen a keletpontban kellett felkelnie; ezért azt a legnagyobb kört, melyet egy napi útjában bejár (abban



86. ábra.

Tél közepén az árnyék leghosszabb.

az időszakban ez a kör az egyenlítő) a horizon szükségkép két egyenlő részre osztja. Nappal és éjszaka tehát ekkor egyforma hosszúságú. A tavaszi napéjgyenlőség az az idő, a mikor (vagy az a pont, a hol) a Nap, észak felé menve, az egyenlítőn keresztül halad.

**A Nap nyár derekán.** — Most újra kezdjük déli 12 óra tájban az árnyék megfigyelését. Mindinkább rövidül ez, még pedig naponta észrevehetőleg. De el nem kerülheti figyelmünket, hogy az egyik napról a másikra mutatkozó különbség kisebb, mint az árnyék hosszának hat hónappal előbb tapasztalt hosszabbodása. Ez egyszerűen onnan van, hogy az árnyék közelebb esik a fához és a Nap irányával alkotott szöge inkább derékszög, mint őszkor és télen. Egyben a lenyugvó Nap azimutja is növekedik. Hány héten át folytatódik az árnyék rövidülése? Mennyire fog végtére is megfogyni? Június közepe körül majdnem lehetetlen lesz az árnyék hosszának további csökkenését észrevenni és ha június 20-án ismét fotografáljuk ugyanazt a fát, mily változást veszünk észre! Törzsének rövid árnyéka majdnem egészen bemerül a lombzat árnyékába, a hol az a pázsitra esik. Csak az árnyék iránya változatlan. Itt, nyár derekán a Nap ismét megáll: ez a második solstitium. A nyári napmegállapodás az az idő, a melyben (vagy az a pont, a hol) a Nap, mely a legnagyobb északi elhajlást érte el, „megállni“ látszik. Ne mulasztuk el a mágnesű megfigyelését, mert arról is meggyőződhetünk nyár derekán, hogy naplementekor a fa a jelzett kelet-délkeleti irány felé veti árnyékát; és midőn közeledik a nyári szünidő kezdete, érdemes lesz egyszer korán reggel öt órakor felkelni, hogy napfelkeltekor az árnyék nyugot-délnyugati irányáról megbizonyosodjunk. Június második felében a déli árnyék ismét hosszabbodni kezd; napról-napra gyorsabban növekedik egészen az őszi napéjgyenlőségig, a mikor az egyévi megfigyelések köre befejeződik.

**Az egyenlítő és ekliptika hajlásszögének megfigyelése.** — Minthogy úgy az egyenlítő, mint az ekliptika legnagyobb kör, a Nap ép annyira tér ki nyáron észak, mint télen dél felé. A két legnagyobb kitérés közének a fele az ekliptika és egyenlítő hajlásszöge, műszóval kifejezve: az ekliptika ferdesége.



87. ábra.

Nyár derekán az árnyék legrövidebb.

Ennek értéke 1900-ban  $23^{\circ} 27' 8.02''$  volt és felette lassan változik. Közelítő értékét bármely évben könnyen találjuk a 81. lapon leirt észlelő dobozunk segítségével. Deczember 20., 21. és 22. napján délben nézzük meg, hogy a körívnek mely fokára esik a Nap fénycsikja. A dobozt közben természetesen nem szabad bolygatnunk, vagy meg kell győződünk naponta a függő segítségével, hogy a körnegyed függőleges éle csakugyan helyesen áll. Az egész télen és tavaszon a műszert változatlanul meghagyjuk, de fel is állíthatjuk újból júniusban, az ismert módon, függő segítségével. Június 20., 21. és 22. napján délben olvassuk le a fénycsik helyét a fokbeosztásról, mint az előbbi napmegállapodáskor tettük. Vonjuk ki egymásból a leolvasott értékeket az itt következő módon:

- a deczember 22-iki értékből a június 20-ikit,
- a deczember 21-iki értékből a június 21-ikit,
- a deczember 20-iki értékből a június 22-ikit.

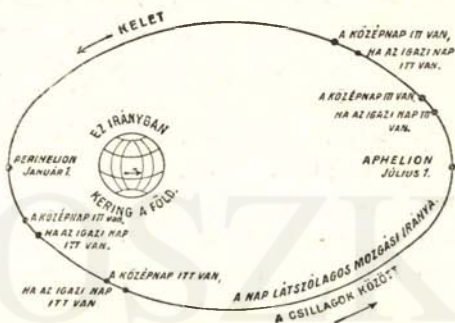
Mindhárom különbségnek vegyük a felét s ezzel az egyenlítő és ekliptika hajlásszögének három értékét nyertük, melyek közép számát veszszük, hogy a végleges értéket kapjuk. Ekkép körülbelül hat hónap alatt rendelkezésünkre állhat minden adat, mely az ekliptika ferdeségének egy új értékét szolgáltatja. Ez utóbbi — igaz — nem lesz oly pontos, hogy hivatásos csillagászok a LEVERRIER és HANSEN bonyolódott meghatározása útján nyert számok helyett használni hajlandók lesznek, de mindenesetre érdemes volt gyakorlatilag megismerkedni azzal a sarkalatos elvvel, melyen a ferdeség meghatározása alapul.

A mondott módon a következő értékeket olvasták le Amherst-ben (Massachusetts):

körleolvasás	körleolvasás
decz. 20, $71.2^{\circ}$	Levonandó: jún. 22, $24.3^{\circ}$
21, $71.0^{\circ}$	21, $24.0^{\circ}$
22, $70.9^{\circ}$	20, $24.1^{\circ}$
Különbségek	Ferdesség
$46.9^{\circ}$	$23.45^{\circ}$
$47.0^{\circ}$	$23.5^{\circ}$
$46.8^{\circ}$	$23.4^{\circ}$

A ferdeség középértéke  $23^{\circ} 27'$ .

**Az időegyenlítés magyarázata.** — Most már megérthetjük az okát, hogy a közép és valódi Nap csak ritkán megy át egy-idejűleg a délkörön. Ez főleg két egymástól független körülménynek tulajdonítandó. (1) Az a pálya, melyen a mi Földünk a Napot körüljárja, ellipszis és különböző pontjaiban a mozgás nem egyenletes; leggyorsabb január 1-je, leglassabb július 1-je körül. Eme két napon az időegyenlítésnek az imént említett körülményből származó része zéróvá lesz. A két nap között levő idő közepe táján a mozgási sebesség is középértékű (április 1-je és október 1-je körül), ekkor tehát a képzelt Napnak



Országos 88. ábra. Könyvtár

A valódi Nap és a középnap.

ép oly sebességgel kell haladnia, mint a melylyel a valódi Nap jár az égen. De ez utóbbi, mint rajzunkból is látható, az év kezdetétől fogva folyvást előbbre sietett, úgy, hogy csak ez okból is április 1-én nyolcz percnyire nő az időegyenlítés. Ennyivel késik a Nap delelése, mert a közepesnél gyorsabban haladt kelet felé.<sup>1</sup> Október 1-én ugyanannyival siet, mert a nyári hónapokban igen lassan áthaladt a naptávon; ennél fogva a valódi Nap a képzelnél korábban kerül a délkörbe s azt mondják róla, hogy siet.

(2) A második körülmény az ekliptika ferdesége. Tegyük fel, hogy a Nap látszó mozgása az ekliptika mentében egyen-

<sup>1</sup> Ha a valódi Nap, mert pályájában gyorsabban mozgott, keletre áll a közép Naptól, akkor a nyugot felé tartó napi mozgás folytán későbbben jut a délkörbe.

letes; ez esetben a napfordulati pontok közelében egyenes emelkedésének igen gyorsan kell növekednie, mert az órákörök az ég sarkai felé összefutnak, mint a délkörök a Föld sarkai felé. Ugyanoly dolog az, mint midőn a hajó ugyanazon sebességgel egyenesen keletnek vagy nyugatnak tart: magasabb szélességek alatt sokkal gyorsabban változik földrajzi hosszúsága, mint az egyenlítőn. Ezen második körülményből kifolyólag négyszer egy évben válik zéróvá az időegyenlítés második része, kétszer a napéjegyenlőségek és kétszer a napfordulatok alkalmával. A négy időköz közepei táján (február, május, augusztus és november 8-ika körül) a Nap váltva késik és siet körülbelül 10 perczczel. A két befolyás összesített eredménye az időegyenlítés, melyet a 115. lapon táblázatosan közöltünk. Az időegyenlítés zéro április 15-én, június 14-én, szeptember 1-én és deczember 24-én. Legtöbbet ( $14\frac{1}{2}$  perczet) késik a Nap február 11-ike körül, legtöbbet siet ( $16\frac{1}{3}$  perczet) november 2-ika táján.

Most ama nevezetes évközi változásokra fordítjuk figyelmünket, melyek a mi szélességeink alatt a melegség és a hideg eloszlásában észlelhetők s melyeket évszakoknak szokás nevezni.

**Az évszakok általánosságban.** — A külső természet ama nagy változásai, melyeket az évszakok nevével jelölünk, korántsem egyformán határozottak valamely nagyobb földterület különböző részeiben. Jó lesz tehát azokat a természetbúvár szempontjából vizsgálni, mely egészen más, mint a csillagászé. A legrégebb népek e változásokat gyakorlati célokból kísérték figyelemmel, főleg a vetés és aratás miatt. De a mint a pusztá megélhetés gondjain túl voltak az emberek, a változó évszakok természeti szépségeire is kezdtek ügyelni. Mint-hogy senki sem tudta, hogy mi okozza az egy évi, magukban meghatározott, de egymástól mégis nagyon eltérő állapotoknak mindig ugyanazon sorban következő egymásutánját, mindenféle gazdag képzeletre mutató magyarázatokat gondoltak ki. Tisztán átlátható, hogy az évszakok változását nem egyszerűen a Napnak nagyobb közelsége, vagy távolsága okozza, melyre a földpálya alakja alkalmat nyújt; mert hisz télen, mint már mondtuk, 5.000,000 kilométerrel közelebb vagyunk hozzá, mint nyáron. Más forog itt fenn, mert miközben a Föld a

Nap körül megfutja évi pályáját, tengelye — ha elhanyagoljuk a praecessio behatását — a térben egyik évről a másikra mindig párvonalas marad önmagával, az ekliptikával alkotott szöge állandóan  $66\frac{1}{2}^{\circ}$ , mint vázlatos rajzunk mutatja. A Föld sarkai tehát váltakozva, majd a mindent alkotó és fényosztó hőforrás felé hajolnak, majd pedig elhajolnak tőle. És így a Nap felé fordított féltekén nyár uralkodik a felhalmozódott hő miatt, a mennyiben nappal több meleget kap a Föld ama helye, mint a mennyit az éji kisugárzás által veszít. De a Naptól ugyanekkor elfordult féltekén az éltető meleg eltűnése folytán fokozatosan süllyed a hőmérséklet, napról-napra észrevehetőbb módon. Őszi középhőmérséklet következik, erre pedig esetleg derekas tél.



89. ábra.

A Föld tengelye  $66\frac{1}{2}$  fok szöget alkot a pálya síkjával.

**Tavaszi és nyári.** — De ha a Földnek pályafutása folyamában sarka ismét mindinkább a Nap felé hajlik, nemsokára ébredezni kezd a természet. Olvad a hó és jég, fokokint éled a barna hant, a nedvek keringenek a látszólag élettelen ágakban, lombzat kezd burkolni minden gallyat, mignem az egész vidék halványzöld és vörös, szürke és sárga színek lenge ködében úszik — és mindezekkel a jelekkel a természet a tavaszt hirdeti. Biológusok szerint a növényzetnek ez az ébredése akkor következik be, mikor a hőmérséklet  $+7$  fok C. Nem sokáig várat magára a magasabb hőmérséklet, mely az érlelőbb fejlődéshez szükséges, és igen gyorsan beállít a nyári dereka. A csillagász persze megmondhatja, hogy júniusban mikor lesz leghosszabb nappalunk, mikor kel és nyugszik a Nap leginkább észak felé és ebből folyólag mikor tűz le ránk déli órában a függőlegest legjobban megközelítő irányban és mikor vesztegel lehető legtovább a horizon felett, úgy hogy még fél nyolcz óra után világos nappal van nálunk, Angol-

országban és Skóthonban pedig majdnem tízig is. De ki jósolhatná meg azt, mikor diszlik a táj legnagyobb nyári pompájában buján termő növényzettel, lombok és virágok sűrűjével, úton-útfélen új természeti szépségekkel, mikor ereszkedik a földekre és kertekre érlelő meleg sugár, mely magvakat és korán-éző gyümölcsöket csal elő? És senki sem jósolhatja, mikor kezd majd hanyatlani e nyári gazdag élet. Ehhez nem kevésbé finom megfigyelő képesség kellene, mint a milyent mérőeszközeivel és matematikai levezetésekkel dolgozó csillagász szokott kifejteni. És helyről-helyre is nagyon különböző e fejlődési fázis időpontja; gyakran igen tág határok között mozgó helyi körülmények nagy mértékben módosítják a tisztán csillagászati okok hatását.

**Ősz és tél.** — THOREAU, az időjárás és évszakok élesszemű megfigyelője már július elején szokott felfedezni a nyár tünésére utaló jeleket, de általában csak kevés ember veszi észre az év haldoklásának szaporodó előjeleit. Csak ha a hulló levelek kezdenek lábunk elé omlani, alma és gerezd érik a gyümölcsösben és szőlőben, csak akkor ismerjük fel, hogy valóban itt az ősz, a remények teljesedésének évszaka, mikor minden érett és tökéletes. A Földnek az a féltékéje, a hol mi vagyunk, még messzebbre elfordul attól a Naptól, mely minden természetnek és fejlődésnek főforrása. Mikor a fák dicső vörös, sárga és barnapiros pompában diszlenek, kévékben hever a gabona a mezőn és egyik verőfényes nap a másikat követi a felséges október hónapban,<sup>1</sup> lehetetlennek látszik az a feltevés, hogy lassan, de biztosan közeleg a tél. De nemsokára dermesztő szél füttyöl át az ágakon, melyekről majdnem egészen eltűntek a vidámszinű levelek, jégtüknek vékony rétege képződik esténként az útszéli pocsolyák felületén és gyorsan beköszönt a borzongató tél. Épen karácsony előtt a mi szélességünk öve legtávolabb hajlik el a Naptól és ekkorra néhány napig a sötétség órái túlnyomók. A növények nedvei legmélyebbre, a gyökerekig huzódtak és ott maradnak, míg a hideg enged és ólomszinű felhőkből hópelyhek hullanak és a Föld fehér köpenybe burkolva szunnyad. Még egy álló hónapon át növekedhetik a

<sup>1</sup> A szerző az Egyesült Államok északi részéről szól.

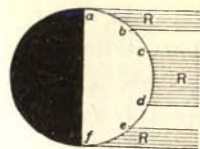
hideg, habár a Nap tényleg már észak felé kezdte venni útját. A meleg és ragyogó napsugarak a lombtalan erdőben minden szögletet és hasadékot előzőnlenek; de hol van az a titokzatos erejük, mely életre kelti a kopár ágakat, kicsalja a virágokat és fakasztja a fűvet? Szinte borzadunk, ha elgondoljuk, hogy a Nap melege nek már csekély állandó apasztása a tündérszép Földet örök tél fagyával borítaná, hogy csekély túlhajlítása a tengelynek sarki övvé változtatna oly vidékeket, melyeken ez évszak beköszöntével most a nyár szépsége tündököl. De a világegyetem oly törvényeknek hódol, melyek állandóságot biztosítanak neki és a mozgás és irány változásai oly lassúk és fokozatosak, hogy az évszakok megszokott változása mindegyiknek sajátos jellemző bájával okvetlenül fenn fog maradni el nem képzelhető időig. Januárius végső napjai felé, midőn már hetek óta ismét a Nap felé kezdett fordulni Földünk, a legfelületesebb észlelő is észreveszi a nappal hosszabbodását és tudja, hogy a tavasz közeledik. Azt a kéjes reszketést, mely a Földet, mint valami titokzatos életnyilvánulás átjárja, midőn a hőmérséklet növekedik, valamint a csendes beletörődést a melegség eltünésekor mindenkor költője megénekelte és a csillagász, midőn a dolog mikéntjét és miértjét adja, a természet bámulatraméltó változásainak szépségét és örökké nyilvánuló érdekességét miben sem növelheti, noha mindenestre teljesebb ismeretet és szabatosabb kifejezőmódot teremt.

**Az évszakok váltakozásának megfejtése.** — Legyen elég a pusztá leírás, melyben a magyarázatot épen csak jeleztük. Az évszakok változását az ekliptika ferdesége okozza, az a tény, hogy bolygónk tengelye a Nap körül való keringés közben önmagával párvonalas marad és a pálya síkja felé mindig  $66\frac{1}{2}$  foknyi szög alatt hajlik. Erre vonatkozó rajzunk világossá teszi a dolgot.

Az ábra alsó részéből, vagyis a nyár derekának megfelelő állásból indulunk ki; szembetűnő, hogy a Föld északi sarkának a Nap felé való hajlása épen akkora, mint a ferdeség, tehát  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ . Az északi féltekén nyár dereka, tehát egyidejűleg a délin tél van, mert a déli sark nyilván a Naptól elfordult. Körben a nagy nyilak nyomán tovább haladva ősz felé, az



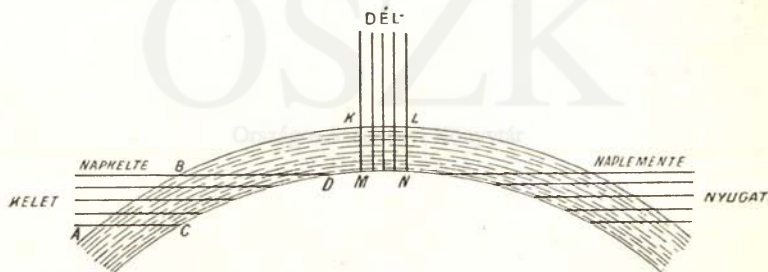
**Legtöbb hőt délben kap a Föld.** — A fény és hő e változásainak részletes vizsgálatába kissé mélyebben kell bocsátkoznunk. Mindenki tudja, hogy délben sokkal melegebb az idő, mint napfelkeltekor vagy naplementekor, mi főleg onnan ered, hogy a napsugarak különböző órákban nem egyforma szög alatt érik a földet. Bármely felület annál jobban felmelegedik, minél inkább megközelítik a ráeső sugarak a derékszöveget, egyszerűen azért, mert annál *több* sugár éri a felületet.



91. ábra.

Legtöbb sugár akkor esik a felületre, ha a sugarak függőlegesen érik.

Rajzunkban *ab*, *cd* és *ef* egyenlő nagyságú terek és *R* jelöli a mindegyikre eső sugárkévét. Nyilvánvaló, hogy a sugarak párvonalas irányánál fogva *cd*-re több sugár esik, mint *ab*-re. De a hőmérséklet esökkenése napkeltekor és napnyugtakor részben annak is tulajdonítandó, hogy a mondott időkben a légkör a napsugaraknak



92. ábra.

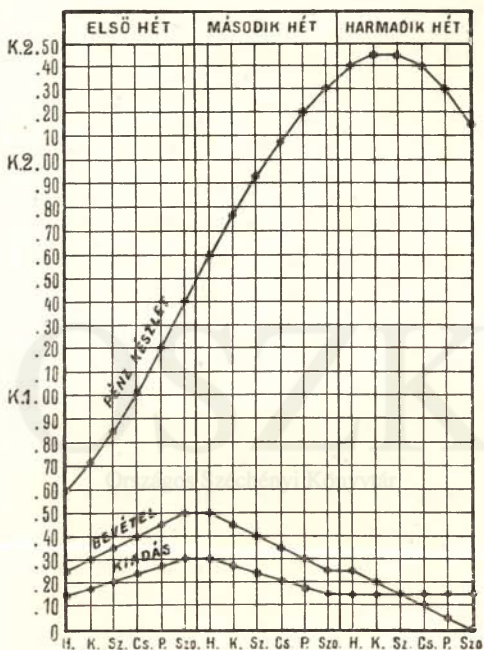
A napsugarak ferde beesése és elnyelése napkeltekor és napnyugtakor.

több melegét nyeli el, mert a sugarak nagyobb vastagságú lég rétegen mennek át, mint délben. Tegyük fel, hogy a megfigyelő a forró égöv valamely pontján áll, a hol a napsugarak függőlegesen eshetnek a földfelületre, mint ábránk mutatja, holott a mi szélességünk alatt a sugarak még nyárközép delében sem lehetnek függőlegesek. Amott tehát a valódi dél pillanatában a napsugarak függőlegesen tűzhetnek le és rajzunkból szembe-tűnő, hogy bizonyos *KL* vastagságú sugárkéve a légkörnek csak azt az aránylag kis részét hasítja, mely *KL* és *MN* között

van. Már most gondoljuk meg, hogy napfelkeltekor mily egészen más körülmények között kénytelen a *KL*-éhez hasonló szélességű sugár a légkörön áthaladni, és vegyük fontolóra még azt is, mennyivel tetemesebb a légkörnek *ABCD* része, melyen e sugár átszűrődni kénytelen. Minthogy a Nap erélye nagyrészt arra szolgál, hogy a tetemesebb légtömeget felmelegítse, nyilvánvaló, hogy a *CD* földfelületre érkező hőmennyiség, melyet közvetlenül érezünk, a légkörben elnyelt melegmennyiségnél kisebb. Azonkívül a napmelegnek az a mennyisége, mely bizonyos *C* és *D* között lévő adott területre esik, nyilván kisebb lesz annál, melyet valamely *M* és *N* között fekvő ugyanoly nagy terület kap, még pedig annyiszor kisebb, a hányszor *CD* nagyobb *MN*-nél. Hasonló körülményeket tüntet fel rajzunk naplenyugta számára is.

**A mi szélességünknek a nyári napfordulat ad legtöbb meleget.** — Egyik előbbi fejezetben kifejtettük, hogy a Nap, midőn észak felé mozog, a téli napfordulattól a nyári napfordulatig mindennap magasabb pontban megy át a délkörön. Valamint az egyes napokon a Naptól kapott meleg a napkelétől délig növekedik, aztán naplementéig fogy, úgy az a meleg is, melyet az északi félgömb valamely közepes szélességű helye délben kap, a téli napfordulattól kezdve a nyári fordulóban elért legnagyobb értékéig nő. Ezen egész idő alatt a Napnak nappali íve is folytonosan növekedik, úgy, hogy adott reggeli órában, például 9 órakor és adott délutáni órában, például 3-kor, a Nap minden következő napon magasabban áll. A kapott hő ennél fogva két külön, de egymással kapcsolatos okból növekedik: 1. a Nap mindennap magasabb pontban delel, 2. mindennap hosszabb időt tölt a szemhatár fölött. Mindkét körülményt szemlélteti a 18. ábra (a 26. lapon). A nappal időtartamának növekedése hatalmasan befoly a nyári hőmérséklet módosítására oly vidékeken, melyeknek magas szélessége alatt a Nap 24 órán át folytonosan süt. Így például a nyári napfordulatkor az északi sarkra 24 óra alatt a Nap  $\frac{1}{5}$ -del több meleget áraszt, mint az egyenlítőre, hol csak 12 óráig világít. Ekkép nem könnyű kiszámítani a különböző szélességek alatt nyert viszonylagos hőmennyiségeket még akkor sem, ha a légköri elnyeletést el is hanyagoljuk. Ezt a tényezőt is bele-

véve, a feladat még bonyolultabbá válik. Ha a Föld és a légkör megtarthatná a Naptól árasztott egész meleget, a nyári napfordulat a legnagyobb meleg időpontját is jelezné. De a mi szélességünk alatt a világtérbe való hősugárzás a hő legnagyobb felhalmozódásának idejét késlelteti, még pedig a nyári napfordulat után több, mint egy egész hónappal. Mert nyilván-



93. ábra.

A pénztárhétség addig növekedik, míg a kiadás a bevétellel egyenlővé válik.

való, hogy a Föld úgy, mint a légkör csak addig halmozza fel melegét, a míg a naponta kapott hőmennyiség fölülhaladja a sugárzás következtében beálló veszteséget. Hasonló okból a legnagyobb hideg- vagy meleg-elvonásnak ideje sem esik egybe a téli napfordulattal, hanem elmarad az január második feléig.

**A felhalmozódás véget ér, ha a veszteség felér a nyereggel.** — Ezt világossá fogja tenni egy három hétre terjedő

kis pénztári kimutatás. Kezdjük a számadást 50 fillér készpénzkészlettel. Az első héten, hétfőn a bevétel 25, a kiadás 15; kedden a bevétel 30, a kiadás 18 fillér; ez így menjen tovább, naponta öttel növekedik a bevétel és hárommal a kiadás. A hét végén 1 korona 40 fillér lesz a pénztárban. A második héten a bevételek és kiadások ugyanazok legyenek, mik az előbbi héten voltak, de fordított sorrendben — hétfőn 50 a bevétel és 30 a kiadás, kedden 45 a bevétel, 27 a kiadás s i. t. A második szombati napon a kiadás és bevétel akkora lesz, mint az első hétfőn, a kiadás 15 fillér, a bevétel 25, de a felhalmozódott összeg akkor már 2 korona 30 fillér lesz. A harmadik héten a bevétel 25 fillér hétfőn, 20 fillér kedden s i. t., de e hét folyamán a kiadás naponta 15 fillér legyen. Két héten át a jövedelem folytonosan fogyott napi 50 fillérről 0-ig; de az egész pénztárkészlet tovább is felhalmozódott és csak a harmadik hét közepe felé kezdett apadni és a harmadik szombaton a számadás 2 korona 15 fill. készlettel záródik. A kezdetbeli pénzkészletnek megfelel május közepének hőmérséklete, az első hét vége pedig a nyári napfordulat képe. Bevétel a Naptól kapott, kiadás pedig a térbe kisugárzott hőmennyiség. Valamint a pénztárkészlet még sokáig szaporodott, mikor a bevételek már apadni kezdtek, úgy a naponkinti középhőmérséklet a nyári napfordulat után, noha a naponta kapott mennyiség ekkor a legnagyobb, még egy egész hónapon át folyvást emelkedik. Rajzunk segítségével az egész számadást egy tekintettel átpillanthatjuk; benne egyszermind oly eljárással ismerkedünk meg, mely csillagászati és egyéb kutatásokban széles alkalmazásnak örvend; ez a grafikus módszer. Ennek használhatósága, a mennyiben a hullámzásoknak egész sorát egyszerre élénkbe állítja, eléggé szembetűnő.

**Az évszakok földrajzi szempontból.** — Az évszakok csillagászati felosztását már feltüntettük a 162. lapon levő rajzon. Íme itt is következik:

Tavaszi, a tavaszi napéjegyenlőségtől kezdve három hónap.

Nyári, a nyári napfordulattól kezdve három hónap.

Őszi, az őszi napéjegyenlőségtől kezdve három hónap.

Téli, a téli napfordulattól kezdve három hónap.

De ha az évszakokat hónapok szerint osztjuk fel, mint világszerte szokásban van, minden évszak közel egy hónappal megelőzi a csillagászati felosztást, lesz tehát:

Tavaszi : márczius, április, május ;  
 nyár : június, július, augusztus ;  
 ősz : szeptember, október, november és  
 tél : deczember, január, február hónapokban.<sup>1</sup>

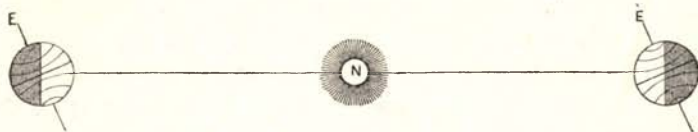
Az éghajlati különbségek és a növényélet kifejlődésének előhaladottsága vagy elmaradása, mely főleg helyi körülményektől függ, a naptári hónapoknak évszakokra való oly elosztásait eredményezték, melyek a szélességtől egészen függetlenül változnak. Nagybritannia tavasza februárban kezdődik, nyara májusban s i. t. Az egyenlítő felé az évszakok különbsége nem oly határozott, mert a Nap délköri magasságának évi változása kisebbmértű; és minthogy az esőzési viszonyok különfélesége észrevehetőbb, mint a hőmérséklet változása, inkább száraz és nedves, mintsem meleg és hideg évszakról tudnak arra felé. Az évszakok megkülönböztetése a Föld felületének öt övre való felosztásában is kifejeződik.

**A Föld övei.** — Az egyenlítő és ekliptika kölcsönös helyzetéből és a Napnak évi mozgásából világos, hogy minden oly helyen, melynek akár északi, akár déli szélessége  $23\frac{1}{2}$  foknál kisebb, a Napnak évenként kétszer függőlegesen kell letűznie. Ez a földrajzi vonatkozás okozza, hogy *tropikus* parallelkörökről (téritőkről) beszélünk, melyeknek egyike, a ráktéritő, az egyenlítőtől északra van  $23\frac{1}{2}$  foknyira, a másik pedig, a baktéritő, ugyanannyival délre. A neveket amaz állatöv jegyeitől vették, melybe a Nap a megfelelő időben lép. A Földnek az a része, melyet a két említett parallel határol, a forróöv. Ennek szélessége  $47^{\circ}$ , vagy közel 5200 kilométer. Hasonlóképen vannak a Föld sarkai körül oly övek, melyeken belül az év számos napján a Nap sem föl nem kel, sem le nem nyugoszik. Ezek a gömbsüveg-alakú sarkövek is 47 fok átmérőjűek. Köztük és a forró öv között van a két mérsékelt öv, az egyik az északi, a másik a déli féltekén; mindegyiknek széles-

<sup>1</sup> Nagyjában a magyar Alföldet is jellemző évszaki beosztás. R.

sege  $43^\circ$ , vagy körülbelül 4800 kilométer. A mérsékelt övek semmiféle helyén sem láthatni a Napot a zenitben. Ha az egyenlítő egybeesnék az ekliptikával, azaz, ha a Föld tengelye a pályára merőlegesen állna, nappal és éjszaka közt időtartamra nézve sohasem volna különbség és az övekre való jelenlegi felosztásnak nem lehetne helye.

**A déli félteke évszakai.** — A Föld, midőn a Napot körüljárja, nem csupán tengelyirányát tartja meg a pálya síkjához képest, hanem számos éven át e tengely az égnek majdnem

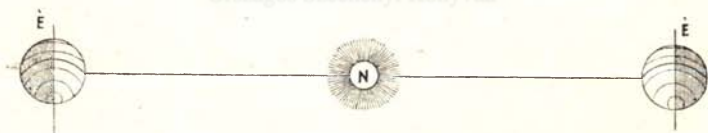


Nyár dereka  
a déli féltekén.

94. ábra.

Nyár dereka  
az északi féltekén.

változatlan pontja felé is mutat, mint a 62. lapon levő ábránkon látható. Világos tehát, hogy a déli féltekének évszakai ugyanolyan rendben váltakoznak, mint a mieink, és a déli sark annak idején éppen annyira hajol a Nap felé, mint az északi.



Tavas  
az északi féltekén.

95. ábra.

Tavas  
a déli féltekén.

De tisztán csillagászati szempontból a déli félteke évszakai éppen a naptári év felével vannak eltolva a mienkhez képest, a mint ezt a Földet a napéjegyenlőségek és a napfordulatok alkalmával ábrázoló két rajzunk világosan föltünteti. Tél dereka a déli féltekén június és július hónapokra esik, karácsonykor pedig ugyanott forró nyár van. Augusztusban és szeptemberben nyiladozik ott a tavasz és az ősz februárban és márciusban köszönt be. Míg azonban az északi féltekén a nyár heve és a tél fagya közt levő ellentétet némileg enyhíti a Nap távolságának változása, a déli féltekén ugyanezen körülmény

a különbséget még kiélesíti, mert a déli félteke nyara akkor van, midőn a Föld a napközelségbe kerül. Ennek ellenére, mint-hogy októbertől márcziusig nagyobb sebességgel halad a Föld, mintsem áprilistől szeptemberig, a déli félteke nyarának rövidülése a Nap nagyobb közelségének hatását annyira ellensúlyozza, hogy a déli féltekén a nyár tényleg nem forróbb, mint az északin. Másfelől a déli félteke tele nemcsak hét nappal tovább tart, mint az északié, hanem hidegebb is, mert



96. ábra.

Gyorsabb mozgás közben ferdébben ér az eső.

akkor a Nap legmesszebb van. A napközelségben és naptávolban kapott hőmennyiségek különbsége az egész értéknek  $\frac{1}{15}$  részét teheti.

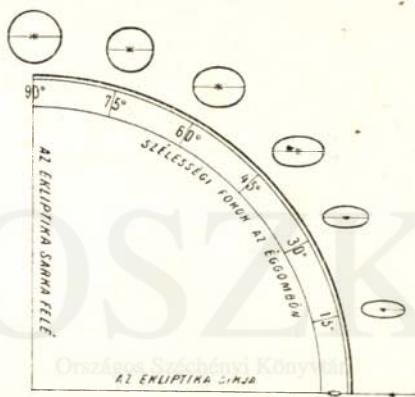
**Évi aberratio.** — Ha csendes nyári eső napján az ablakon kinézünk, úgy látjuk, hogy az esőcseppek egyenes vonalban hullanak alá a felhőkből. De ha nem fedett helyről vizsgálódunk, hanem kimegyünk a szabadba és a szakadó esőben futásnak eredünk, az eredmény olyan, mintha a cseppek ferdén csapnának arcunkba. Egészen más irányból látja érkezni

a cseppeket az ernyő alatt álló ember, mint a nyugodtan sétálgató kaucsukkabátos és sapkás fiú vagy épenséggel az esőben vágató lovas. Hasonló, de még nagyobb szélsőségeket feltüntető hatás tapasztalható, ha vasúti vonat csendes havazás közben rohan; úgy tetszik, mintha azok a hópetyhek, melyek mögöttünk elmaradnak, ellenkező irányban rohannának, fehér, majdnem vízszintes csikokat rajzolnak, melyek a gyorsan haladó vonat és a csendesen hulló hó mozgásának eredői. Ez a jelenség az *aberratio* nevét viseli és tényleg ugyanily hatást idéz elő a fény haladó mozgása. Képzeljük a haladó vonat helyett a Nap körül keringő Földet és a lehulló esőcsepp vagy hópely helyét képviselje a fény haladó mozgását; valamint a függőleges és az eső vagy hó látszó esésének iránya által alkotott szög a Földre érkező esőcsepp vagy hópely aberratiója, úgy az a szög, melyet a Nap valódi iránya bezár azon iránynyal, melyből a fény látszólag kisugárzik, a fény évi aberratiója. Rendesen csak egyszerűen aberrationak hívják és BRADLEY fedezte fel 1727-ben.

**Az aberratio állandója.** — Két dolgot kell megjegyeznünk: *a)* úgy az esőcsepp, mint a hópely oly pontból látszik jöni, mely a valódi iránynál előbbre van; *b)* az aberratio szöge annál kisebb, minél tetemesebb a hulló esőcsepp vagy hópely sebessége. A vonat gyorsaságához képest a hópely esése nagyon lassú; ennél fogva az aberratio szögét 80 és több foknak is találhattuk; de ha az esőcsepp sebessége majdnem akkora, mint a vonat gyorsasága, akkor az aberratio szöge csak 45 fok. Képzeljük már most, hogy a csepp sebessége óriási mértékben növekedik, a mig 10,000-szer akkora, mint az előre siető vonaté; ekkor egészen megközelítettük azt az arányt, melyben a Föld mozgása a fényhullám sebességéhez áll. A Föld egy másodperc alatt  $29\frac{3}{4}$  kilométernyi utat tesz, a fény pedig 300,000 kilométernyit. De úgy találtuk, hogy oly tárgy, mely egy másodpercznyi szög alatt látszik, átmérőjének 206 ezerszeresével felérő távolságban van; ezért a Nap évi aberratiójának szöge akkora, mint oly tárgy látószöge, mely saját átmérőjének 10,000-szeresére áll tőlünk. Ez a szög  $20'5''$ ; neve az aberratio állandója. Az itt adott érték megfelel a Föld keringési középsebességének;

a naptávolban a sebesség legkisebb, a Nap aberrációja  $20\frac{1}{6}$  másodpercze csökken, a napközben, hol a sebesség legnagyobb, az aberratio  $20\frac{5}{6}$  másodpercze emelkedik. Az aberratio állandóját szabatosan megmérték csillagok megfigyelése útján és minthogy pontosan megfelel a Föld mozgásának, ebben a Nap körül való mozgásunknak megczáfolhatatlan bizonyítékát láthatjuk.

**A csillagok aberrációja.** — Az aberratio korántsem szorítkozik csupán a Napra; ép úgy befolyásolja az állócsillagok



97. ábra.

A csillagok aberrációs ellipszisei.

látszó helyzetét. Észlelésekből kitűnik, hogy minden csillag évente látszólag kis ellipszist jár be az égen. Az összes csillagok leírta aberrációs ellipszisek nagy tengelyei egyenlők; mindegyik  $41$  másodpercnyi iv, azaz az aberratio állandójának kétszerese. De a kis tengelyek a szélességgel, vagyis a csillagnak az ekliptikától való távolságával változnak. Próbáljuk elképzelni ez ellipsziseket az égen; mindegyiknek nagy tengelye egybeesik a csillagon átmenő szélességi paralellkörrel és nagysága olyan, hogy szabad szemmel még épen észrevehető. Körülbelül ötven ily ellipszist kellene a nagy tengelyek hosszában egymás mellé fűznünk, hogy a Hold tányérját átérjék. Az ekliptika sarkában levő csillag esetében a kis tengely

egyenlő a nagy tengelyvel; azaz a csillag aberratiós ellipszise oly kör, melynek átmérője 41 másodperc. Mint rajzunkból látható, az ellipszis annál laposabbá lesz, minél közelebb van a csillag az ekliptikához és ha a csillag szélessége zéró, az aberratiós ellipszis látszólag egyenes vonallá lesz, mely azonban tényleg magának az ekliptikának 41" hosszú íve. Midőn a csillagok összes szabatos megfigyeléseit számítás alá vesszük, javítást kell alkalmaznunk a miatt, hogy különbség van az ellipszis középpontja (a csillag középhelye) és az ellipszis ama pontja között, melyen a csillagot az év adott napján tényleg észleltük. Valamennyi csillag részt vesz e mozgásban és így sok milliószoros bizonyítékunk van arra, hogy a Föld a Nap körül mozog.

**Az év.** — Valamint kétféle nap van, úgy az esztendő is kétféle. Mindkettő a Földnek a Nap körül való keringésétől függ ugyan, de a kiindulás és visszatérés pontja a kettőnél nem ugyanaz. Mire a Föld, ha valamely adott csillagtól elindult, ugyanahhoz ismét visszatér, 365 nap, 6 óra, 9 perc, 9 másodperc telik el. Ez a csillagév (siderikus év) hossza. Tegyük fel azonban, hogy a Föld kelet felé tartó mozgásában a tavasz-pontból indul ki; az esztendő folyamában ez a pont a napjegy-egyenlőségi pontok hátrálása folytán nyugat felé halad; ennél fogva a Föld e ponttal már 20 perc 23 másodpercnyi idővel hamarabb találkozik, mint a mennyi a teljes siderikus körúthoz kell. Ez a kisebb idő a naptári (tropikus) év és hossza 365 nap, 5 óra, 48 perc, 46 másodperc. Ekkora a közönséges év, mely időszámításunknak alapjául szolgál. Egy másik neme az esztendőnek, melynek naptárilag, szorosán véve, semmi haszna, az anomalistikus év, vagyis az az idő, mely alatt napközlelőből kiinduló Föld ugyanoda ismét visszatér. Látuk, hogy az apsisvonal lassan előre halad, úgy hogy 108,000 esztendő alatt teljesen körüljárja az ekliptikát. Az anomalistikus év tehát  $4\frac{1}{2}$  percczel hosszabb a siderikusnál, tartama 365 nap, 6 óra, 13 perc, 48 másodperc.

**A naptár.** — A világ népei ez idő szerint kétféle naptárt használnak: a JULIUS CAESAR-félét és a GERGELY pápáét.

Az elsőnek neve onnan ered, hogy JULIUS CAESAR Kr. e. 46-ban SOSIGENES csillagász számításai szerint helyreigazította

a naptárt. Ő úgy tudta, hogy az év igazi hossza igen közelítőleg  $365\frac{1}{4}$  nap; ezért CAESAR elrendelte, hogy minden három 365 napos esztendő után mindig egy 366 napos következzen. De minthogy a júliusi esztendő a ténylegesnél  $11\cdot2$  percczel hosszabb, a hiba 400 esztendő alatt már körülbelül három nap. A XVI. század második felében az eltérés már tíz napra halmozódott. XIII. GERGELY pápa segített ezen és újabb reformot hozott, melynek értelmében négy évszázad lefolyása alatt három szökőnap elmarad. Az évszázad befejező évét, a milyen pl. 1900 és 2000, *százaz* (saecularis) esztendőnek nevezzük. Minden nem százaz év, melynek száma négygyel maradék nélkül osztható, szökőév, de a százaz év csak akkor szökőév, ha 400-zal is osztható. Az 1900-ik esztendő tehát nem volt szökőév, de a 2000-ik az lesz. Angolország 1752-ben elfogadta a Gergely-féle naptárt és a korábbi évszámok után rendszeren o. s. (old style — régi időszámítás) betűket ír. Ugyanakkor az év kezdetét márczius 25-ikétől január 1-jére helyezte át Angolország, a mi Skóthonban már 1600-ban<sup>1</sup> és Franciaországban már 1563-ban történt. Így tehát 1752 előtt a január 1-je és márczius 24-ike közé eső napok évszámai különbözők voltak Angolországban és Skóthonban vagy Franciaországban, miért is régi angol keltezésekben mindkét évszám ki van írva — például:  $17\frac{26}{27}$  január 23, a hol az első szám az évet korábbi angol, az alsó skót és francia számítás szerint jelzi. Oroszország és Görögország<sup>2</sup> még ma is használja a JULIUS CAESAR naptárát. A keltezésben ez országok lakói rendszeren törtalakokat használnak; például július  $\frac{11}{23}$ ,<sup>3</sup> a hol a számláló az említett, a nevező pedig a Gergely-féle naptárra utal. Az 1900-ik év e szerint szökőév volt Oroszországban és Görögországban és ezért az ó-naptár az egész XX. évszázadon át 13 nappal fog különbözni a miénktől.

**A hét.** — Hét nappól áll és az ó-kor legrégebb ideje óta el van fogadva. Íme napjai:

<sup>1</sup> Hazánkban 1587-ben.

R.

<sup>2</sup> Valamint a Balkánfélsziget államai, az afrikai és keleti keresztények.

R.

<sup>3</sup> A jelen században már  $\frac{11}{24}$ , minthogy 1900-tól fogva a két naptár különbsége 13 napra emelkedett.

R.

## A hét napjai.

Magyarul	Jele és eredete a román nyelvekben	Latinul	Fran- cziául	Eredete a germán nyelvekben	Angolul	Németül
Vasárnap	☉	Dies (Solis) Domenica	Dimanche	a Nap	Sunday	Sonntag
Hétfő	☾	Dies Lunae	Lundi	a Hold	Monday	Montag
Kedd	♂	Dies Martis	Mardi	Tuisco	Tuesday	Dienstag
Szerda	♀	Dies Mercurii	Mercredi	Wodan	Wednesd.	Mittwoch
Csütörtök	♃	Dies Jovis	Jeudi	Thor	Thursday	Donnerst.
Péntek	♀	Dies Veneris	Vendredi	Freya	Friday	Freitag
Szombat	♄	Dies Saturni	Samedi	Saturnus	Saturday	Sonn- abend

Tuisco a szászoknál az volt, a mi a rómaiaknál Mars, Wodan Merkurnak, Thor Jupiternek és Freya Venusnak felel meg; ez okból az ugyanily nevű bolygók jegyei szolgálnak a hét illető napjának jelzésére. Ezek a jegyek külföldön jobban elterjedtek, mint nálunk.<sup>1</sup> A hétnek az évhez való számviszonya oly egyszerű ( $52 \times 7 = 364$ ), hogy szinte a naptár további javítását sugallja. *Széchenyi Könyvtár*

**A hónap napjainak száma.** — Sok embernek nehézséget okoz, hogy az év hónapjaiban nem egyforma a napok száma. Segítségökre lehet e régi vers:

Thirty days hath September,  
April, June and November;  
All the rest have thirty-one,  
Save February, which alone  
Hath twenty-eight, and one day more  
We add to it one year in four.

Harminez, napos a szeptember,  
Ápril, június és november,  
A többi hónap gazdagabb,  
Egy teljes nappal többet kap.  
Rövid négy hét a február  
S négy évben egy nap hozzá jár.<sup>2</sup>

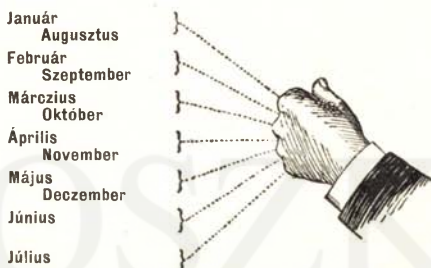
Ebben megvan minden, a mi tényleges, noha a vers nem mintaszerű. Hogyan lehet a napok számát könnyebben emlékezetben tartani, kitűnik a rajzból. Kezünket ökölbe

<sup>1</sup> Amerikában; újabban mind jobban elhagyják és már ephemerisgyűjteményben sem szerepelnek rövidítésül. R.

<sup>2</sup> Rev. fordításában; mi a harmincznapos hónapokat rendszeren kezdőbetűikből alkotott „apjunszeno“ jelszóval tartjuk emlékezetben. R.

szoritva, a kézfej bütykein és bemélyedő közein leolvassuk a hónapok neveit, míg júliushoz érünk, azután elül kezdjük. A bütykökre a hosszabb hónapok esnek, a mélyedésekre a rövidebbek.

**A naptárjavítás.** — A jelenleg használt Gergely-féle naptárnak számos fogyatékkossága van. Tekintélyes tudósok egészben azt tartják róla, hogy CAESAR naptárához képest nem is haladás és bizonyára nagyon sok zavarnak vették volna elejét, ha az utóbbi mindenütt használatban maradt volna. NEWCOMB, a kiváló<sup>1</sup> amerikai csillagász azt javasolta, hogy a XX. század elejétől, 1901 január 1-étől kezdve, ismét a Juliánus nap-



Országos 98. ábra. Könyvtár

Hány napos a hónap?

tárt használják; de ily változás csak széleskörű nemzetközi egyezmény alapján jöhetett volna létre. Sok jóval kecses-  
tető javítás volna az évnek 13 hónapra való felosztása, úgy, hogy minden hónap pontosan 28 napból, négy hétből állna. A törvényes ünnepnapok és évfordulók ez esetben mindig a hét ugyanazon napjaira esnének. A főnehézség abban állna, hogy nem tudnának mit kezdeni a minden rendes év végére eső egy nappal és a szökőévnek két napjával.

**Húsvétvasárnap.** — Húsvét napja mozgó ünnep, mert különböző években más és más napra esik. A Nicaeában Kr. u. 325-ben tartott zsinat határozata alapján húsvét márczius 21-ét követő holdtölte után az első vasárnapra esik. Ha márczius 21-ikére esnék holdtölte, akkor a legközelebbi

<sup>1</sup> És hozzátehetjük: világhírű.

holdtölte a húsvéti hold, és ha ez maga is vasárnapra esik, a legközelebb következő vasárnap húsvét napja. Sok elkésredett vita folyt a húsvét napjául tekintendő tulajdonképeni vasárnap körül, valahányszor a húsvétszabály a dolog természetéből kifolyólag kétséget hagyott. Húsvét napját ugyanis nem az igazi Nap és Hold segítségével határozzák meg; erre a képzelt Nap mozgása szolgál és egy képzelt Holdé, melyekről felteszik, hogy az idővel egyenletesen haladnak és tényleges keringésükkel egyenlő idő alatt járják körül az égi egyenlítőt. Következésképp a fentebb említett szabály gyakran cserben hagyja az embert, ha a naptárban közölt holdváltozásokra alkalmazzák. Itt következik 24 év húsvétvasárnapja:

### Húsvét napja, 1890—1913.

Év	Hónap és nap	Év	Hónap és nap	Év	Hónap és nap	Év	Hónap és nap
1890	ápr. 6.	1896	ápr. 5.	1902	márcz. 30.	1908	ápr. 19.
1891	márcz. 29.	1897	ápr. 18.	1903	ápr. 12.	1909	ápr. 11.
1892	ápr. 17.	1898	ápr. 10.	1904	ápr. 3.	1910	márcz. 27.
1893	ápr. 2.	1899	ápr. 2.	1905	ápr. 23.	1911	ápr. 16.
1894	márcz. 25.	1900	ápr. 15.	1906	ápr. 15.	1912	ápr. 7.
1895	ápr. 14.	1901	ápr. 7.	1907	márcz. 31.	1913	márcz. 23.

Immár megtanultuk a csillagászatban használt nyelv ABC-jét. Tanulmányoztuk a Földet mint tengelye körül forgó gömböt, a csillagoknak hozzá viszonyított látszó mozgásait és megismerkedtünk egyúttal számos oly téfnnyel, mely a Nap körül évenként ismétlődő utunkkal kapcsolatos. Kíséreljük meg ez ismereteknek alkalmazását egy hosszú utazásban, melyre december elején kelünk és mely New-Yorkból a Horn-fok megkerülésével Yokohamába visz.

## VIII. FEJEZET.

### A HAJÓS CSILLAGÁSZATA.

Ha tényleg Japánba és onnan vissza is utazunk, új csillagászati kérdések fogják sorra magukra vonni figyelmünket. Alkalmunk nyílik ezek kutatásába bocsátkoznunk és sok csillagászati vonatkozást fogunk kideríteni, mely matematikai igazságokon alapul. Ily módon beletanulunk bizonyos világpolgári csillagászatba, mely külföldön ép oly hasznos, mint otthon; egyúttal megismerkedünk némileg ama csillagászati módszerekkel, melyekkel a hajókat biztosan kalauzolják a tengeren.

**Hajózás.** — A hajózás mestersége arra tanít, mikép vezessük a hajót veszély nélkül egyik kikötőből a másikba. Ha a hajó 30 kilométerre távozott a parttól, a szárazföldre emlékeztető minden jel eltűnik szemünk elől és az egész szemhatárt köröskörül a lehajló égboltozatig tenger tölti ki. Bárhová tekintsünk, csupán a vízfelület látható (21. lap), mely végtelen kiterjedésűnek tetszik. A hajó körül semmi olyan nincs, a mi tájékoztathat bennünket, hogy hol vagyunk és merre kormányozzunk. Egyik irány csak olyannak látszik, mint a másik. És mégis meg kell határozni a hajó pontos helyét. Egyetlen segélyforrásunk ekkor, hogy megfigyeljük az égi testeket és a horizonhoz való állásokat.

Kell, hogy a hajós már előzőleg ellássa magát az ily megfigyelésekhez szükséges apróbb műszerekkel, valamint a megfigyelések kiszámolását könnyítő segédkönyvekkel és szám-

táblázatokkal. A hajózásnak idevágó része tisztán csillagászati jellegű és sarkalatos elveinek mindennemű hajó hasznát veszi. A hajózásban mindennap előforduló számításokhoz bizonyos adatok kellenek, melyeket egy csillagászati évkönyv, a *Nautical Almanac* szolgáltat.

**A Nautical Almanac.** — A *Nautical Almanac*<sup>1</sup> az égi testek pontos helyzetzeit tartalmazza. Ezeket három-négy évre előre számítják és közlik; közzétételükről a főbb államok érdekelt hatóságai gondoskodnak. Legelső sorban állnak az angol, amerikai, német és francia hajózási almanachok. Mutatóul ide iktatjuk a *The American Ephemeris and Nautical Almanac for 1899* (az 1899-iki amerikai efemerisz és hajózási almanach) egy lapját, mely a Napra vonatkozó adatokat tartalmaz.

1899 október.

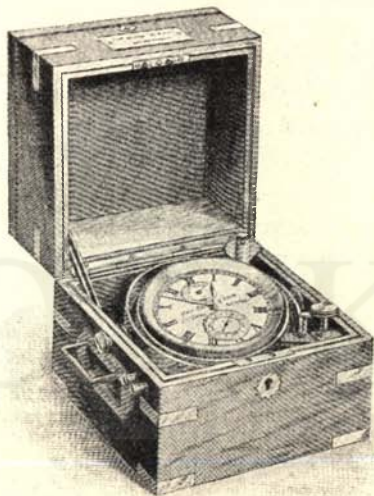
Greenwichi valódi dél

A hét napjai	A hónap napjai	A N a p						A féltérő délkelet- átvonulásának tartama csillagidőben	Időegyen- lítés, mely a valódi időből ki- vonandó	Egy órára eső különbség
		látszó rectascen- sioja	Egy órára eső különbség	látszó declinatioja	Egy órára eső különbség	fél- átmérője				
Vas.	1	ó. n. mp. 12 29 39.39	s. 9.058	0 ' " D. 3 12 15.5	" —58.27	' " 16 1.37	mp. 64.37	p. mp. 10 19.23	mp. 0.796	
Hétf.	2	12 33 16.94	9.071	3 35 33.0	58.18	16 1.64	64.41	10 38.18	0.783	
Kedd	3	12 36 54.82	9.085	3 58 48.0	58.07	16 1.91	64.46	10 56.81	0.769	
Szer.	4	12 40 33.03	9.099	4 22 0.3	—57.95	16 2.19	64.51	11 15.10	0.755	
Csüt.	5	12 44 11.59	9.114	4 45 9.4	57.81	16 2.47	64.56	11 33.04	0.740	
Pént.	6	12 47 50.52	9.130	5 8 14.9	57.65	16 2.75	64.62	11 50.61	0.724	
Szom.	7	12 51 29.84	9.147	5 31 16.5	—57.48	16 3.03	64.68	12 7.80	0.708	
Vas.	8	12 55 9.56	9.164	5 54 13.8	57.29	16 3.31	64.74	12 24.59	0.691	
Hétf.	9	12 58 49.70	9.182	6 17 6.4	57.09	16 3.60	64.80	12 40.96	0.673	

Az időközök itt egynapiak; de a Holdra nézve, mely sokkal gyorsabban mozog a csillagok között, óráról-óra adják

<sup>1</sup> Igen olcsó és legalább egyszere megvételle ajánlható kivonata: „Nautisches Jahrbuch oder Ephemeriden und Tafeln für das Jahr . . . zur Bestimmung der Zeit, Länge und Breite zur See nach astronomischen Beobachtungen. [Berlin, Carl Heymanns Verlag. 1 kor. 80 fill.] R.

a helyzetet. Hasonlóképen közlik a Holdnak bizonyos csillagoktól és bolygóktól való szögtávolságát három órai időközökben. A Nautical Almanac szabatosságától függ a tengereken járó összes hajók biztonsága. A hajóvezetéshez szükséges számadatokon kívül a Nautical Almanac még sok más, az égi testekre vonatkozó adatot közöl a térszíni felvétellel elfoglalt mérnökök és az obszervatóriumokban dolgozó csillagászok használatára.



99. ábra.

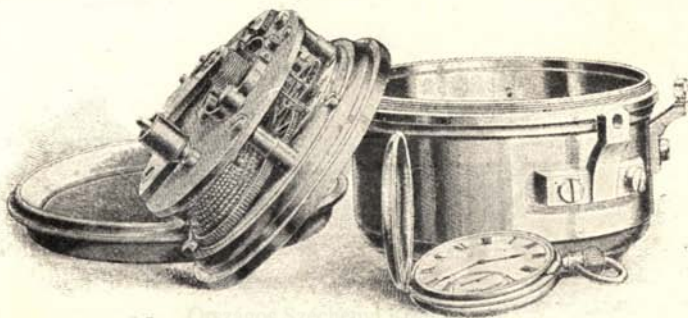
A chronometer.

**A hajó-chronometerek.** — A hajó elindulása előtt pár órával két, körülbelül 30 cm. hosszú és széles tokot visznek igen nagy elővigyázattal a fedélzetre és a hajó legbiztosabb helyére teszik, a hol a hőmérséklet lehetőleg állandó. Mindegyikben van egy második, körülbelül 20 cm. hosszú és széles tok, melyet rajzunk felnyitva ábrázol. Ebben igen pontosan készített és kipróbált óra van, a gyakorlati hajózás egyik legfontosabb műszere. Tengeri vagy box-chronometernek, vagy általában és egyszerűen csak chronometernek hívják. A számlap, melynek átmérője valamivel több egy decziméternél, ren-

desen 12 órára van felosztva, mint a közönséges óráké. Az alján lévő másodperczmutatón kívül a számlap felső részén külön mutató jelzi, hány óráig járt már az óra utolsó felhúzása óta, mert — mint minden jó óránál — lényeges dolog, hogy a felhúzás mindennap ugyanabban az időben történjék. A rugók és kerékátvitel szabályozása olyan, hogy a chronometer rendszerint 56 óráig eljárhat; tanácsos azonban, hogy 24 óránként húzzuk fel, még pedig nagy gonddal; a többi 32 óra csak engedmény esetleges feledékenységre való tekintettel. Más chronometerek, melyeket hetenkint kell felhúzni, úgy vannak szerkesztve, hogy azonfölül még egy napig járhatnának; ezek az úgynevezett nyolcnapos chronometerek. Ezek a műszerek mind oly kényesen vannak kiegyenlítve, hogy csak akkor járhatnak kifogástalanul, ha a számlap vízszintes helyzetű; ezért kettős gyűrűben, két egymásra merőleges tengely körül forgathatólag vannak felfüggesztve. Mint-hogy a chronometerkatlan vagy -ház jóval a súlypont fölött van felfüggesztve, számlapja mindig vízszintesen áll, bármilyen dült helyzetű is a külső tok a hajó himbálása és bólintása következtében. A rajzunkban ábrázolt műszer az a különös típus, melyet *áramszakító* chronometernek neveznek, minthogy az elektromos áramot, mely a katlan bal oldalán levő szorítócsavarhoz kapcsolt sodronyokon belép, minden másodpercz kezdetén automatásan megszakítja egy igen finom, a tengelyek egyikéhez erősített rugó. Ily chronometert használnak rendszerint térszíni felméréseknél, a szabadban is, a hol a csillagmegfigyelések feljegyzésére chronográf (l. 230. lap) szükséges és ingaóra nagy alakja miatt czélszerűen nem használható.

**Mire valók a chronometerek?** — A chronometerek igazi célja az, hogy a greenwichi időt mutassák, a minek szükséges voltát később meg fogjuk magyarázni. Mielőtt a chronometert a hajóra viszik, legalább két hétig pontosan kipróbálják és normálórával összehasonlítják, melyet — rendszerint valamely csillagvizsgáló intézetben a Nap és csillagok gyakori megfigyelései útján szabályoznak. Íme, már az utazás megkezdésekor látjuk, mily benső összefüggés van a gyakorlati csillagászat és a hajózás hasznos mestersége között. A hajós jegyzéket kap arról, hogy mindegyik chronometerje mennyire

van előbb vagy hátrább a greenwichi időnél és mennyit siet vagy késik naponta. A tényleges és az óráról leolvasott idő különbsége: az óra *állása*, melyet a közéletben késésnek, vagy sietésnek mondunk. Sietése vagy hátramaradása 24 óra alatt: az óra *járása*. Ha a chronometer jó fajtájú és kellően szabályozott, járása a másodpercznek csak kicsiny törtrésze lehet. Szabályul kimondható, hogy nem túlságos hosszú tengeri utakon a greenwichi idő a chronometerek segítségével 3—4 másodperczen belül leolvasható. Ez a bizonytalanság a hajó helyzetének meghatározásában legfőlebb 1·8 kilométernyi eltérést okozhat. Nehogy az egyes chronometert érhető véletlen folytán



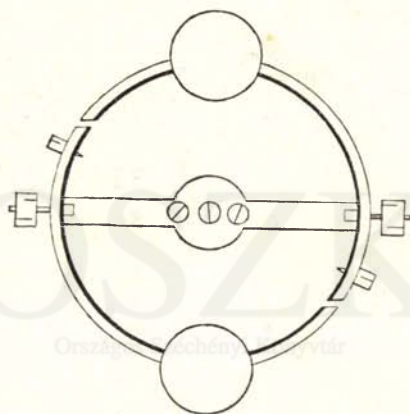
100. ábra.

Chronometer szerkezete; mellette rendes zsebóra.

a greenwichi időre nézve teljes tájékozatlanság állhasson be, a hajó többnyire két, gyakran több chronometert is visz magával.

**A chronometer óraműve.** — A ki bárminő óra belső szerkezetét ismeri, meg fogja érteni a chronometer finomabb és bonyolódottabb óraművét is, melyet sikerült rajzban bemutatunk. A szintén lerajzolt zsebóra az egyes részek aránylagos nagyságára enged következtetni. A chronometer billegője körülbelül 2·5 cm. átmérőjű, a hajszálrugó átmérője 8 milliméter és magassága 6 milliméter. Csigakúpja, valamint a felhuzó csapja és néhány más része szintén látható. Bal felől van az üvegfedél érczkarikában, mely a jobb oldali óratatlan tetejére csavarható. E foglalat jobb oldalán a csapágyak egyike látható, mely körül az óra kettős gyűrűjében szabadon himbálhat.

**A chronometer billegője.** — Hogy a chronometer kifogástalanul járhasson, a billegőt hőmérsékleti változások ellen kompenzálni kell, mert egyszerű, nem kompenzált ércbillegős chronometer a hőmérsékletnek egy-egy C. foknyi emelkedésével naponta 11 másodpercet késik. Ennek ellensúlyozása végett a hajó-chronometereket (és általában a jó órákat) oly billegővel látják el, melynek elvét a rajzból megérthetni. A billegő középkarja fémből való, két nagyfejű csavarral a végein, melyek arra valók, hogy a chronometer valamely normális hőmérsékleten, például 16 Celsius fokon, egyenletesen járjon.



101. ábra.

A chronometer billegője.

Abroncsa két külön félből áll, melyek mindegyike csak egyik végével van a középkarhoz erősítve. Összeforrasztott külső sárgaréz és fél oly vastag belső aczélszalag alkotja az abroncsot. A hőmérséklet emelkedtével a sárgaréz nagyobb mértékben terjed ki, mint az acél, az abroncs szabad végeit tehát befelé hajlítja és a billegőt valamennyire kisebbiti. A hőmérséklet csökkenésével ellenben a billegő valamicskével nagyobbodik. Hideghez és meleghez való biztos alkalmazkodását próbálgatással érik el, mi végett a chronometert gondosan szabályzott kemenczébe és hűtő dobozokba teszik. Majd a félabroncsok közepén lévő és csúsztatható súlyokat eltologatják mindaddig, míg a sietés vagy késés bárminő hőmérőállásnál a legkisebb.

**Időjelzés a hajó fedélzetén.** — A hajón levők számára az időt önkényes beosztás szerint szabályozzák, melyet a tengerészek általánosan elfogadtak. A 24 órás napot hat négy-négy órás szakaszra osztják, úgynevezett *őrségekre*. Egy ilyen őrség megfelelő szolgálati idő, mely a tisztek és matrózok részére egyaránt ki van szabva; és a hajó napjának ez a beosztása világszerte érvényes a hajósok közt. A délutáni 4 órától 8-ig terjedő időszak két egyenlő részre oszlik, a két úgynevezett félőrségre (*dogwatch*). E szerint a hajós napja hét őrségre oszlik, mely névszerint a következő:

Első őrség: d. u. 8 órától éjfélig.

Közép őrség: éjféltől reggel 4-ig.

Hajnali őrség: reggel 4-től 8-ig.

Délelőtti őrség: reggel 8-tól délig.

Délutáni őrség: déltől d. u. 4-ig.

Első félőrség: d. u. 4-től 6-ig.

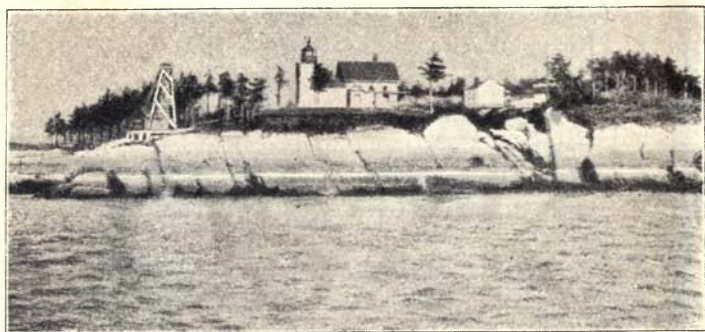
Második félőrség: d. u. 6-tól 8-ig.

A két félőrség időtartama a rendes őrségektől különbözik, úgy hogy a czirkálás alatt a tisztek és legénység szolgálati óráit éjjel és nappal részreahlás nélkül lehessen kiszabni. Minden négy órás őrség nyolcz kisebb szakaszra oszlik; egy-egy ily félórának neve *bell* (harang jel). Minden egyes őrség (a két félőrség kivételével) nyolcz félóra vagy *bell* végéig terjed. Valamely őrség első félórája után egy *bell*, a második után két *bell*, a harmadik után három *bell* az idő. Négy *bell* például megfelel szárazföldi időben akár délelőtti, akár délutáni két, hat és tíz órának; hét *bell* félnégynek, félnyolcznak és féltizenkettőnek.

**Alacsony víz késlelteti a hajó elindulását.** — Mikor a hajó indulásra készen áll, a csillagászatnak és hajózásnak egy másik érintkezési pontja tűnik szemünkbe. Ha alacsonyan áll a víz, a hajónak pár óráig várnia kell, míg ismét árad. A dagály és apály idejét jórészt a csillagászok munkálatai alapján előre tudjuk kiszámítani. E helyen a tengerjárásnak csak külső tüneteivel foglalkozunk, a magyarázatot a tömegvonzásról szóló későbbi fejezetre halasztjuk.

**A tengerjárásról általában.** — Csak egy napot töltünk a tenger partján és már láthatjuk a tenger áradását és apa-

dását.<sup>1</sup> Megeshetik, hogy reggel még végigsétálhatunk a széles fővenyes marton, melyet később a nap folyamában elborítanak a dagadó hullámok. Vagy azok a sziklák, melyek reggel még ülőhelyül szolgáltak, délután már zöldes viz alá vannak temetve. Egyetlen nap elég mindenkor, hogy e változásokat észlelhessük és bármely más nap hasonló hullámzásokat tüntet elénkbe, csak hogy más órákban. Képünk a tengerjárásnak tipikus terét jelzi; a sziklákba vájt vonalak, színlők, mutatják a magas víz szintjét, mely 2—2,5 méterrel fekszik a rajzban feltüntetett szint felett. Ha egy hétig tartózkodunk a tengerparton, tisztán



102. ábra.

Apály (a vonalak a sziklákon a dagály szintjét jelzik).

látjuk, hogy a változásban szabályszerűség van. Ha reggel tíz órakor magas víz (dagály) van, ez azt jelenti, hogy valamivel délutáni négy óra után, vagyis közelítőleg hat órával később, apály lesz; azután ismét dagály következik be röviden esti tíz után és alacsonyabb vízállás reggel félőtkor. Így tehát kétszer van áradás és kétszer apadás minden 24, pontosabban minden 25 órában. És ha az egyik napon reggel tízkor van dagály, a legközelebbi ily jelenség tizenegy óra felé fog beköszönteni. Így tehát a dagály és apály ideje napról-napra mintegy 50 percnyi késedelemmel ismétlődven, a 24 óra mind-egyikén fokozatosan átvándorol.

<sup>1</sup> A mi tengerpartunkon már gondosabb megfigyelésre van szükség.

**A tengerjárás meghatározása.** — Tengerjárás a Föld vizeinek oly tömegmozgása, melyet a Hold és Nap vonzása okoz. A tengerjárás (*tide*), melyről a hajós szokott beszélni, gyakran a tengernek majdnem vízszintes előre és hátra felé történő folyására vonatkozik, mely csatornában és kikötőkben tapasztalható. A csillagász a tengerjáráson a víz függőleges emelkedését és esését érti, mely a Föld különböző részein különböző és a tengerjárás hullámának a Föld körül nyugati irányban történő haladásától ered. Dagály ideje az, midőn a víz legmagasabban, apály ideje pedig, a midőn legalacsonyabban áll. Dagálytól apályig apadás (*ebb*), apálytól dagályig áradás (*flood*) ideje van. Újhold és holdtölte felé minden hónapban (lásd a XIV. fejezet végén) legmagasabb a dagály, legalacsonyabb az apály; ez az erős tengerjárás (*spring tides*, *Springflut*). Minthogy minden hónapban egy fényváltozás ideje alatt telik és újul a Hold, évenként pedig közel  $12\frac{1}{2}$  holdváltozás esik, ennél fogva minden évben közel 25-ször észlelhetünk erős tengerjárást. (A *spring tides* elnevezésnek semmi köze a *spring*, tavasz szóhoz.) Közben, a Hold első és harmadik negyede táján a tengerjárás közepes magasságán alul marad és vak (gyenge) tengerjárásnak mondható (*neap tides*, *Nippflut*; *nipped* = korlátozott). Magas és alacsony víz idejének ismerete oly nagy fontosságú a tengerészre nézve, hogy a kormányhatóság minden jelentősebb kikötőhelyre vonatkozólag két-három évre előre kiszámíttatja és közzététi. Az idevágó munkálatokat az Egyesült Államokban a *United States Coast and Geodetic Survey*<sup>1</sup> végzi, mely a pénzügyminiszteriumnak egyik osztálya.

**Zenit- és nadir-hullám.** — A tengerjárás az egész Földet tekintve két hullámhegyet idéz elő: (a) a zenit-hullámot, mely az árkeltő test felé fordított földrészen fellépő áradás vagy kiemelkedés, (b) a nadir-hullámot, mely a tengerjárásnak az ama testtől elfordított oldalon fellépő hulláma. Rajzunk a Földnek átmetszetét úgy ábrázolja, a mint a kettős hullámhegy mindenkor környezi. A tömegvonzás — mint az ennek szentelt fejezetben kifejtjük — a Földnek vizburkolatát két egymással szemben levő irányban igen kevésbé elnyújtja.

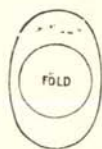
<sup>1</sup> Számunkra a pólai tengerészeti hatóság.

Ekkép a Föld tengereivel együtt nyujtott sphaeroid, azaz némileg rugólabda alakú. Minthogy a Föld tengelye körül kelet felé forog, a viznek ama kidomborodása tengerjárási hullám alakjában 25 óra alatt kétszer halad keletről nyugatra. A tüne-ményről képet alkothatunk, ha elképzeljük, hogy rugólabda belsejében, annak rövidebb tengelye körül ágyúgolyó forog. Ha a vitzömeg azonnal követhetné a Hold vonzását, a magas viz ideje pontosan arra a pillanatra esnék, midőn a Hold a délkör felső vagy alsó részén áthalad. De a víz tétlensége



miatt a tengerjárást előidéző, aránylag csekély erőnek hosszú időre van szüksége, hogy a hullámot megindítsa. A Hold délkörátmenete és a feldagadt hullám gerinczének megérkezése között bizonyos idő telik el, a *kikötő-idő* (establishment), a mely gyakorlatilag bármely kikötőre nézve állandó mennyiség, de minden kikötőben más értékű. New-York kikötőjében  $8\frac{1}{4}$  órát tesz ki.

**Csupán a hullám alakja halad.** — Világért se gondoljuk, hogy a tengerjárás úgy jó létre, hogy az óceán vize tömegesen a Föld egyik tájáról a másikra vándorol. A mély vizek csak emelkednek és süllyednek, haladó mozgásuk igen csekély, kivéve oly helyeken, hol a tengerjárás hulláma partokba ütődik. Csak a hullám *alakja* halad nyugat felé. Ennek képét úgy kapjuk, ha kötelet nyujtunk ki a földön és egyik végét megfogva, ide-oda rángatjuk. Hullám szalad véges-végig a kötélén; de csak a hullámalak halad tova, a kötél részecskéi egyszerűen emelkednek és visszaesnek, egyik a másik után, sorban. Így áll a dolog a tengerjárás hullámánál is.



zenit-dagály

nadir-dagály

103. ábra.

Zenit- és nadir-dagály.

**A tengerjárás hullámának haladása.** — A Csendes-óceán mélységes vizében keletkező hullám, Dél-Amerika nyugati partjától leválva, nyugat felé halad, a tenger mélysége szerint változó sebességgel. Minél mélyebb a tenger, annál nagyobb a sebesség. Midőn valamely hullám ekkép előre törtet, más és hasonló hullámokkal találkozva, bonyolult eredő mozgás keletkezik. Körülbelül 12 óra alatt Új-Zélandba érkezik, 30 óra

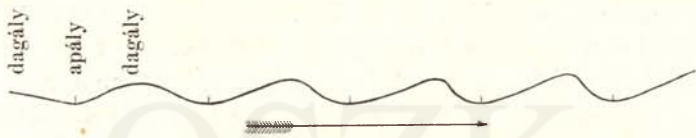
alatt pedig a Jó-Remény fokához ér, a hol két hullámmal egyesül: (a) az egyik egyenesen Afrika partja mellől, (b) a másik fordított irányban a Horn-fok megkerülésével keleti irányban hatolt be az Atlanti-óceánba. Az egyesült hullám most északnyugatnak veszi útját az Atlanti-óceánon át, óránként mintegy 700 tengeri mérföldnyi<sup>1</sup> utat tesz és 40 óra alatt az Egyesült Államok partjához ér. A tengermedenczék egyenlőtlen határolása miatt nem képződhetik egyformán haladó hullám, mi okvetlenül megtörténnék, ha a Föld felületét borító tenger mindenütt egyforma mélységű volna. És így a tengerjárást feltűntető térképeken szabálytalan görbületű vonalokat látunk, melyek mindazokat a helyeket kötik össze, hová a hullám gerincze ugyanazon greenwichi időben érkezik. Ezek az úgynevezett *isorachiák* (cotidal lines, egyenidejű dagály görbéi).

**Az emelkedés és süllyedés nagysága.** — Az emelkedés és süllyedés nagysága helyről-helyre változik. Általában véve nyílt tengeren a magas és a mély vízállás között 6—9 decziméter a különbség, míg ellenben a nagy kontinensek partjain, különösen a sekély és fokozatosan keskenyedő öblökben a magasság gyakran igen tetemes. New-Yorkban a szökő ár átlagos magassága körülbelül 1·7 méter, Bostonban 3·3. A Fundy-öbölben a szökő ár magassága gyakran 18 méterre emelkedik, némelykor még magasabbra. Folyókban is tapasztalható ily emelkedés, de annál kisebb mértékben, minél jobban távozunk a folyó torkolatától, mert a folyóvíz sodra mindjobban leküzdi. Így néhány czentiméternyi magasságú hullám kilencz óra alatt hatol fel a Hudson folyón New-Yorktól Albanyig. Megtörténhetik a hidraulikus kos elvének módjára, hogy folyóban dagálykor a víz magasabb szintre emelkedik, mint a tengerben, mert a hullám nyomatóka aránylag csekély vízmennyiség felemelésére fordítódik. Tonkinban Batsha mellett egyáltalában nincs ár-apály, mert a víz két, egyenlőtlen mélységű és hosszúságú torkolaton vagy csatornán lép be és mintegy hat órával jobban késik el a hosszabb csatornában, mint a rövidebbikben.

<sup>1</sup> A tengerészetben általánosan inkább a tengeri mérföld (= 1852 méter) használatos azon egyszerű vonatkozás folytán, hogy épen a legnagyobb kör egy perczével egyenlő.

**A nagy tavak ár-apálya.** — Elméletileg a belföldi nagy vízterületeken is van ugyan ár-apály, de a legkiterjedtebb tavak is kicsinyek arra, hogy a Holdnak ár-apályt keltő ereje valami tetemes hatással lenne rájuk. A Michigan tavon Chicagónál körülbelül öt centiméternél alacsonyabb dagály észlelhető, a Földközi tengernek pedig 45 decziméter csekély dagálya van. Belföldi tavak dagályának magassága részben azon viszonytól függ, melyben a kelet-nyugat irányú terjedelem a Föld átmérőjéhez áll; ennél fogva esetleges csekély áradását gyakran teljesen elfödi a helyi szelek okozta duzzasztás.

**Áradás és apadás tartama.** — Nyílt tengeren a dagály hulláma sokkal kisebb magasságra emelkedik, mint a part közelében; mert a mint sekély vízbe ér, a surlódás tartóztatja



A tengerjárás hullám így terjed.

104. ábra.

A víz apadása tovább tart, mint emelkedése.

a hullámot, kisebbíti gerinczétől gerinczig számított hosszát és nagyban növeli magasságát, különösen ha a hullám kissé sekély és fokozatosan keskenyedő csatornában kénytelen haladni.

Rajzunk szemlélteti e változást: átmetszetét mutatja oly hullámnak, mely a jobb oldalon levő part felé halad. A hullám gerinceze távolabb állván a fenéktől, a surlódás kevésbé késlelteti; ezért gyorsabban halad s a hullám homloka meredekebbé válik, mint a háta. Rendes körülmények között tehát az áradás ideje beláthatólag rövidebb ideig tart, mint az apadás. Filadeliában például, hol a part kialakulása miatt kirívó különbség mutatkozik, az apadás ideje az áradásénál majdnem két órával hosszabb. Szélsőséges számba megy már az úgynevezett torlódó ár<sup>1</sup> (tidal bore), midőn némely kedvezően fekvő

<sup>1</sup> A Szajnában, a honnan a szabályozás óta eltűnt, maşcuret, az Elbében Rastern, az Amazonasban pororoca, a Szt.-Lőrincz folyóban bore a neve.

folyamba hatoló hullám homloka függőlegesen felegyenesedik. A hullám ekkor átbukik és az ár gyorsan előre rohanó tájékozó torlódás alakját ölti; csak pár percz kell, hogy a víz alacsony állásból áradásba jusson, míg az ezután bekövetkező apadás több, mint 12 óráig tart. Ily erős árhullám, mely a folyónak sodra ellenében haladva, az átbukó hullámokból egész zuhatagot alkot, jól észrevehető a Szajna, Szevern és Gangesz folyókon.



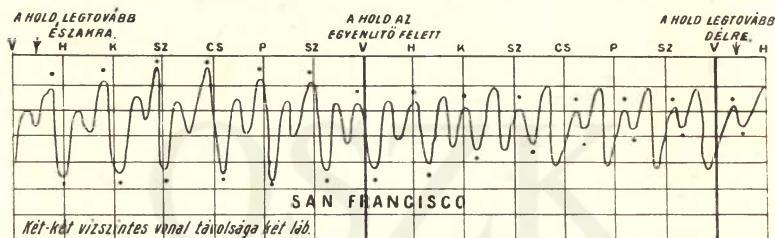
105. ábra.

Torlódó ár Caudebec szajnaparti városnál (Flammarion szerint).

**A tengerjárás napi egyenlőtlenége.** — Ha a Föld egyenlítője összeesnék a Hold pályájával és ha nem volna ekliptika ferdesége, nyilván úgy a Nap, mint a Hold árkeltő erejével mindenkor a Föld tengelyére merőleges irányban hatna. Ez esetben a zenit- és nadir-hullám az egyenlítőhöz szimmetrikusan feküdnék és a tengerjárás általában egyenlő szélességek alatt ugyanaz volna. Ámde mikor a Holdnak legnagyobb az éjszaki elhajlása, a zenit-hullám azon északi szélességek alatt legmagasabb, a hol a Hold a zenitben delel, míg az átellenes

hullám csekély az éjszakai féltekén, de legmagasabb a zenit-hullám ellenlábásainál, vagyis oly déli szélesség alatt, mely a Hold északi elhajlásával egyenlő. A napi két hullám magasságainak e különbségét napi egyenlőtlenységnek nevezzük.

A Hold okozta ár-apálykor a napi egyenlőtlenység havonként kétszer tűnik el, mikor a Hold az ég egyenlítőjén áthalad; a Nap előidézte ár-apálykor ugyanaz történik a napéjegyenlőségek alkalmával. De a napi két hullám magasságának e szembeötlő különbségét lényegesen módosítja a partalakulás és egyéb körülmények. Rajzunkon a San-Franciscóban két hét alatt mért vizállások láthatók. A hullámvonal a víz színének emelkedését és süllyedését mutatja oly méretben, hogy két-két



106. ábra.

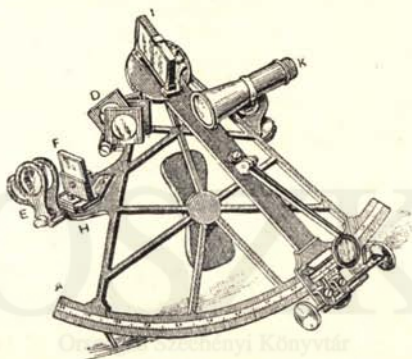
A tengerjárás napi egyenlőtlenzése San-Franciscóban.

vízszintes vonalnak egymástól való távolsága 60 cm. A függőleges vonalak 24 órai időközöket jeleznek, a napok egymásutánja fölül olvasható. A zenit- és nadir-hullám különbsége mindennap erősen kifejezett, kivéve, ha a Hold az egyenlítő közelébe jut, a mikor a napi egyenlőtlenység nagyon csökken. A zenit-hullám magas és mély vizét pontok jelölik, melyek nagyon jól szemléltetik a napi egyenlőtleniséget, mely északi szélességek alatt igen tetemes, midőn a Hold a zenithez lehető közel delel, közép nagyságú, ha a Hold az egyenlítőn átmegy és legkisebb értékű, mikor a Hold déli elhajlása legnagyobb.

**A sextáns.** — A sextáns (körhatod) könnyű, hordozható műszer, mely bárminő síkban levő legnagyobb kör ívének kényelmes mérésére szolgál. Vele végzik azokat a csillagászati megfigyeléseket, melyeket azután a Nautical Almanac segítségével kiszámolnak. A mágnesűn kívül nincs műszer, melyet

oly gyakran használna a hajós, mint a sextánst; mert a vele mért szögek mondják meg napról-napra, hogy a világtengernek mely pontján fordul meg.

Hajózási czélokra a sextánst rendszeren függőleges síkban használják, azaz égi testek magasságainak mérésére. A sextánst HADLEY találta fel 1730-ban. Pontosán felosztott, 60 fokú körív (innen kapta a műszer nevét is) *A* a kör középpontja körül mozgatható karral van ellátva (*I*-től le és jobb felé), mely az osztáson végig csúsztatható. Tengelyvégén a karhoz a kör síkjára merőleges tükör van erősítve, az úgynevezett nagy

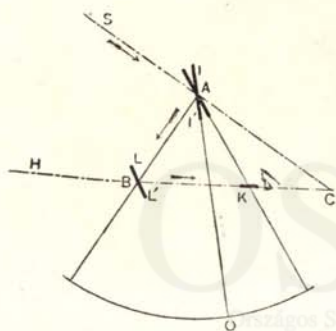


107. ábra.

Szögmérésre való sextáns.

(index) tükör, *I*. Az *iv* merevítő lécze egy második *FH*, csak alsó felében megezüstözött tükröt hord, a kis tükröt, melylyel szemben, a megfigyelés pontosságának emelésére, a *K* távcső áll. A *D* és *E*-nél látható különféle színű és sötétségű tompító üvegek arra valók, hogy a Napot a légkör mindenféle állapota, könnyű vagy sűrű köd, ritka felhőzet vagy teljesen tiszta ég alkalmával egyaránt lehessen vizsgálni; mert valamennyi égi test között a Nap korongja az, mely a hajós leg-sűrűbb észleletének tárgya. A tompító üvegekkel tetszés szerint gyengíthetjük fényét, a mi a megfigyelés pontosságát is fokozza. Szorító csavar és finom mozgás (a mozgó kar végén az *iv* alatt) könnyítik a tényleges megfigyelést, mely előtt azonban a sextáns gondos igazítása szükséges. A leglényegesebb ez: midőn a

mozgó kart az  $iv$   $O$  pontjára állítottuk be, a nagy tükör síkjának is ezen a ponton kell átmennie; a kis tükör pedig párvonalos legyen a nagy tükörrel és mindkettő merőlegesen álljon a sextáns síkjára. Vázlatos rajzunkban  $CH$  a vízszintes, az égi test pedig  $CS$  irányban van. A távoli szemhatárt a  $K$  távcsövön át pillantja meg a szem, még pedig az  $LL'$  kis tükör felső, nem fonsorozott részén át. Midőn a mozgó kar nullára van beállítva, a nagy tükör  $AK$  irányban van; de ha a  $HCS$  magasság mérendő, a kart az iven el kell tolni  $0$ -ig. Ekkor a nagy tükör  $II'$  állásban van, úgy hogy a fény a nyilak jelölte  $SABK$  utat teszi meg, azaz a két tükrön szenvedett visszaverődés után a tárgy



108. ábra.

Szögek mérése.

a szemhatárral érintkezésben fog látszani. A körosztás leolvásásával a megfigyelés be van fejezve. Minthogy a két tükör alkotta szög a megmért szögnek fele, a körosztás számozása olyan, hogy minden fél fok egész foknak van jelölve.

**A szélesség meghatározása a tengeren.** — Az első csillagászati megfigyelés tengeren rendszerint a hajó szélességének

meghatározására szolgál. Sok módszer van e célra; azonban valamennyi a már említett sarkalatos tételre alapul, hogy a szélesség mindig az ég sarkának magasságával egyenlő. A szélességet rendszeren úgy határozzák meg, hogy valamely égi test magasságát mérik, midőn a délkörnek a sarkot magában nem foglaló felén megy át. Így a magasság egyenesen az egyenlítőre vonatkoztatható, melynek zenittávolsága szintén a szélességgel egyenlő.

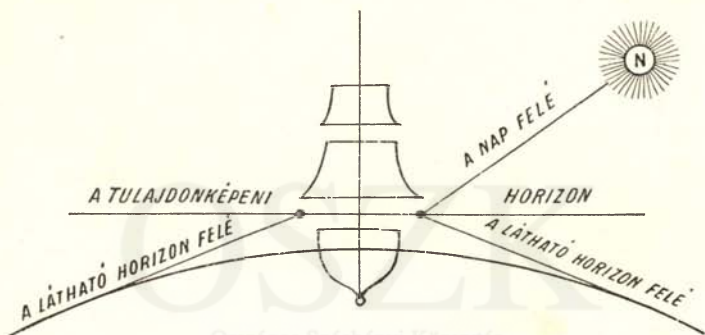
Példának okáért: pár percczel a valódi dél előtt a hajós a sextánszal a Nap magasságát kezdi megfigyelni és folytatja megfigyelését addig, míg a magasság még növekedik. Ha a Nap már nem emelkedik magasabbra, akkor a helyi délkörbe ért és pontosan beállt a valódi dél. A tengerésztiszt most kiadja a parancsot: „*Make it Eight Bells*” (a nyolcadik félóra

végződik: azaz 12 óra) és megfigyelése alapján hozzálát a szélesség kiszámolásához. A 83. lapon levő rajzunk megmagyarázza az alkalmazott elvet. A mint megfigyelés útján ismerjük a déli zenittávolságot, ebből a szélesség akár a szárazföldön, akár a tengeren egy és ugyanazon elv szerint adódik.

**A hosszúság meghatározása a tengeren.** — Úgy a tengeren, mint a szárazföldön valamely hely hosszúságát meghatározni annyi, mint megtudni, mennyivel különbözik a helyi idő valamely alapdélkör idejétől. A hajózásban a greenwichi első dél-kör majdnem általánosan el van fogadva. Mindenek előtt tehát a helyi időt kell meghatározni.

A hajó folytonos mozgása miatt kézbentartható műszert kell használni; ily műszer a sextáns, melylyel a tengerész valamely ismeretes égi testnek a magasságát méri keleten vagy nyugaton; „magasságot vesz“ (taking a sight), így tartja a hajósnyelv. Leggyakrabban a Napot figyelik meg e célból, vagy korán reggel, vagy késő délutáni órában. Minél közelebb történik ez az első függőleges körhöz, annál jobb; mert ebben változik leggyorsabban a magasság és így a megfigyelés pontosabb. Mindenekelőtt ismerni kell a szélességet. Azután a helyi idő kiszámolása következik, az úgynevezett gömbháromszögtan adta matematikai utasítások szerint. Ez a számolás a tengerész mindennapi teendőjének egy részét teszi, de az ő céljaihoz képest alkalmas számtáblák felhasználása mellett annyira egyszerű, hogy igen könnyű számolási művelettel végezhető. E táblák számértékeiben a következő három mennyiség szerepel: az égi test magassága (mely megfigyelés alapján ismeretes), elhajlása (mely a Nautical Almanacból kivehető) és a hajó szélessége. Ha megvan így a helyi idő, egyszerűen a chronometer jelzete (greenwichi) időhöz mutató különbség veendő, e különbség a keresett hosszúság. Ha a helyi idő számértéke nagyobb, mint a greenwichi időé, a hosszúság keleti; ellenkező esetben nyugati. Minthogy több eljárás van a hosszúság meghatározására, minden tengerésznek megvan a maga kedvelt módszere; mégis SUMNER-ét tartják általánosan a legjobbnak. Ha csak nincs borús idő, a tengerész eléggé biztosan tudja, milyen a hajó helyzete, mert

a szélességben legfőlebb 3·5, a hosszúságban 5—9 kilométer lehet a bizonytalanság. Ennél pontosabb helymeghatározás nehéz dolog, ha csak a megfigyeléseket kivételes gonddal nem végzik és a sextáns és chronometer hibáit mélyreható vizsgálatnak nem vetik alá oly szabatosággal, mely nem szokásos, de nem is szükséges. A mint a hajó helyzete ismeretes, a térképbe rajzolják és a megfelelő útirányt kiszámolják. Folytonosan szemmel tartva a kompaszt, azt az érzékeny mágnesűt, melylyel a pontos északi irány mindenkor meghatározható, betartják a hajó járatát.



109. ábra.

A szemhatár süllyedése.

**A szemhatár süllyedése.** — Midőn valamely égi testnek tengeren figyelt magasságával számolunk, a szemhatár süllyedése miatt mindig javítást kell alkalmaznunk. A szemhatár süllyedése az a szög, melyet a megfigyelőnek szemén át képzelt valóban vízszintes vonal a szemhatárhoz, ég és tenger érintkezési vonalához húzott egyenessel alkot.

Mint hogy Földünk felülete gömbalakúnak tekinthető (milyennek a gyakorlati hajózásban mindig tekintik is), a hajóból kiindulva minden irányban lefelé kell görbülnie. Rajzunk ezt világossá teszi. Mint hogy pedig a magasság a tulajdonképeni horizon fölötti szögtávolság, nyilvánvaló, hogy minden a szemhatártól mért magasság-megfigyelésben javítás szükséges a süllyedés miatt, a mely levonandó. Világos továbbá, hogy e süllyedés annál tetemesebb, minél magasabb a hajófedélzet, a honnan

a megfigyelés történik. Ha a fedélzet 3 méterre van a víz felett, a sülyedés miatti javítás körülbelül 3 ivperc, 5 méternél 4 ivperc. Rendes magasságú fedélzetről a szemhatár minden irányban körülbelül 13 kilométerre terjed és általában kétszer nagyobb távolságból hajó még messzelátóval sem pillantható meg. Rendszeresen a közeledő hajó csak 15 kilométer távolságban vehető észre, de a légkör állapota, a messzeségben feltűnő hajó vitorlázata, megvilágítása és a hullámokon való himbálódása is észrevehetőleg befolyásolja e távolságot.

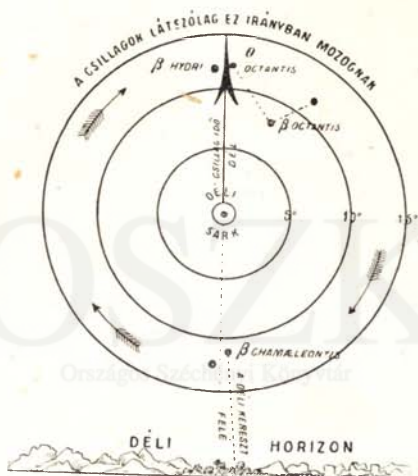
**Hol pillantjuk meg a Déli Keresztet?** — Ez a kérdés minden dél felé tartó tengeri utast állandóan érdekel. A felelet épen itt lesz helyén, de előbb tudni kell, hogy az említett híres csillagkép hány fokra van az egyenlítőtől dél felé, más szóval: ismerni kell déli elhajlását. A déli éggömb térképeit nézve, úgy találjuk, hogy a *Kereszt* középső részének déli elhajlása  $60^\circ$ . Következésképp akkor fog a déli szemhatáron felbukkanni, mikor  $90^\circ - 60^\circ$ , azaz 30 fok lesz a szélesség. De köd és pára rendszeresen elhomályosítja a Keresztet a tengeri szemhatár közelében, míg hat-hét fokkal tovább nem érünk dél felé. Jól látható már a Ráktérítő táján és még jobban akkor, ha utunkat folytatjuk dél felé. Be kell azonban vallani, hogy a déli Kereszt láttára csalódást érez az ember, mert korántsem oly meglepő csillagkép, mint a Gönczöl szekere.

**Hol delel a Nap fejünk felett?** — Csakis a térítőkörökön és ezeken túl, mert a Nap sohasem delelhet a zenitben, ha oly helyen vagyunk, melynek szélessége  $23\frac{1}{2}$  fokot meghalad.

De a IV. fejezetben kifejtettük, hogy a szélesség mindig akkora, mint a zenit elhajlása. Ha tehát meg akarjuk tudni, mily helyen fog a Nap déli 12 órakor épen a tetőpontban megjelenni, először ki kell keresnünk az Almanacból (vagy közelítőleg a 84. lapon közölt táblázatból) a Nap elhajlását. Akkor világos, hogy a delelő Napot ott fogjuk látni fejünk felett, hol a hajó szélessége épen akkora lesz, mint a Nap elhajlása. A tavaszi napéjegyenlőségtől az őszi napéjegyenlőségig terjedő idő alatt, a mikor a Nap mindig az egyenlítőtől északra tartózkodik, a hajónak szintén az északi féltekén kell lennie, hogy a Nap épen tetejébe kerüljön. És általában azon a napon kerül a Nap a hajó zenitjébe, mikor ennek szélessége

előjelre és számértékre nézve egyezni fog amannak elhajlásával. Így például márczius 2-án déli 12 órakor minden oly hajónak zenitjében áll a Nap, mely akkor a déli hetedik szélességkörön halad át, mert ama napon a Nap déli elhajlása 7 fok.

**Déli szélesség alatt.** — Ha észak felé nézünk, tehát a most látható sarktól elfordulunk, a csillagok jobbkéz felől kelnek, a délkörig felfelé haladnak és balfelől nyugosznak le. Tehát most is keleten kelnek és nyugaton szállnak le. De ha a sark felé tekintünk, e körül a csillagok napi mozgásukat



110. ábra.

A déli sarktáj napi mozgása.

az óramutató irányában végzik, mint rajzunkban a nyilak mutatják. Ha déli irányban egy-egy foknyi utat teszünk, az ég déli sarka egy-egy fokkal magasabbra emelkedik a déli horizon fölé. És ha tényleg elérhetnők a déli sarkot, valamennyi, az egyenlítőtől délre levő csillag folytonosan látható maradna, míg az északi félgömbnek egyetlenegy csillagját sem pillanthatnók meg többé. De az égnek épen fejünk felett levő táját semmi feltűnő csillagkép sem jelezné, mert olyan ragyogó csillagok, mint milyen a *Polaris* és a *Kis Gönczöl* az északi égen, a déli sark körül nincsenek. Ha e sark körül öt fok

sugárral kört képzelünk, ezen belül még olyan csillagot sem találunk, mely csak ötödrangú volna is. A *Chamaeleon*-nak két, rajzunkban a déli sark alatt látható csillaga ötödrendű és *Béta Hydris* harmadrangú csillag. Mindhárom könnyen fellelhető, ha a déli *Kereszt*-ből indulunk ki, mely  $2\frac{1}{2}$ -szer akkora távolságban van a sarktól, mint a *Chamaeleon* csillagpárja.

**A Horn-fok körül San-Francisco felé.** — A hajó útjának további folyamában az 57-ik déli szélességi fokig, a hol a Horn-fokot megkerüli, semmi újabb dolog nem merül fel, mely csillagászati szempontból jelentős volna. A déli *Kereszt* csakugyan fejünk fölé kerül, mikor hajónk szélessége ama csillagkép elhajlásával egyenlő. Az enyhe hőmérséklet az egész út mentében a déli félgömb ellentétes évszakát bizonyítja, mert noha otthon tél van (deczember, január és február hónapokban), ugyanakkor a déli középszélességek alatt nyarat találunk. Az egyenlítőhöz közeledve, észreveszszük, hogy a nappal és éjszaka időtartamának különbsége fokozatosan elenyészik, még pedig az évszakoktól egészen függetlenül; mert az egyenlítőnél minden, bármily elhajlású égi test nappali íve épen félkör. Ugyancsak az egyenlítő táján figyelmet kelt a szürkület rövid tartama; rövid ez, mert a Nap derékszög alatt hanyatlik a szemhatár felé, nem ferdén, mint nálunk; tehát lehető leggyorsabban éri el azt a mélységet a horizon alatt ( $18^0$ ), melynél a szürkület véget ér. Négy hónapi utazás után, miközben csak egyszer pillantottuk meg a szárazföldet, Kalifornia partjaihoz közeledve, érdekelni fog megtudnunk, mennyire tért el chronometerünk a New-Yorkban meghatározott napi járástól? Nyilván nem nagyon, mert a Golden Gate felől minden bizonytalanság nélkül fedezzük fel a szárazföldet. San-Franciscóban horgonyt vetve, könnyű chronometerünk állását igazolni, csak az időjelzésre kell ügyelni, mely naponta (közelítőleg) a helyi déli időben úgy történik, hogy greenwichi idő szerint pontosan délutáni 8 órakeresztül nagy és szembetűnő golyót ejtenek le. A chronometereknek ez időjelzéssel való összehasonlítása által kitűnt, hogy a számlapjukról leolvasható idő a jelző golyóhoz képest csak 8 másodpercczel tért el, vagyis a naponkénti eltérés a New-Yorkban megállapított napi járástól csak egytizenhatod része a másodpercznek.

**Egységes időjelzés.** — Körülbelül tizenkét időjelző golyó van most működésben az Egyesült Államok területén. A legfontosabbak a keleti zóna vagy 75-ik délkör délében ejtetnek Boston-, New-York-, Filadelfia-, Baltimore- és Washingtonban. a közepső zónaidő szerint jelzik a delet New-Orleansban és a Pacific zóna vagy 120-ik délköri idő szerint San-Franciscóban.

Az időjelzésben előforduló hibát, mely csak töredéke a másodpercznek, a következő napon közzéteszik a helyi lapokban. Külföldön is rendes időjelzés folyik, különösen hajózási célokra való tekintettel a világnak 125 legnevezetesebb kikötőjében. Angolországban és az angol birtokokban délután 1 órakor szokás az időt jelezni, gyakran ágyúlövessel. De időjelző golyó leejtése (l. 4. lapon) világszerte előszeretettel használt jelzési mód.<sup>1</sup> Számos kikötőben helyi obszervatóriumban történik nagy szabotossággal az időmeghatározás, úgy hogy az időjelzés segítségével a chronometer napi járása is újból megállapítható.

**A datumválasztó.** — Képzeljünk közelítőleg Budapest<sup>2</sup> szélességi köre mentén vasutat, mely az egész Földet övezi és melyen óránkénti 1130 kilométernyi sebességet kifejtő lokomotivok közlekednek. Szerdán délben keljünk útra Astrachanból nyugat felé; közel egy óra alatt Odessába, ismét egy óra múlva Budapestre, még egy óra eltelte után Párisba érünk. Minthogy ezek a városok egymástól körülbelül 15 fokra, azaz egy-egy hosszúsági órára esnek, nyilvánvaló, hogy e városok mindegyikében és ugyanigy minden közbeeső állomáson érkezésünkkor szerda déli 12 óra lesz, mert az utas nyugati irányban ép oly gyorsan halad, mint a Föld kelet felé forog; tehát az úton folyvást dél marad. Folytassuk útunkat nyugat felé, mindig ugyanazon sebességgel az egész Föld körül. Az éjszaka nem köszönthet be, mert hiszen a Nap nem áldozott

<sup>1</sup> Az osztrák-magyar monarchiában négy időjelző golyó működik. Triesztben, Polában, Fiumében és Lussinpiccolóban. Mindegyikét pontosan a helyi délben ejtik le, miután 5 perczel a jeladás előtt teljesen felvonták az árbocra, és az utolsó kikötő kivételével a golyó esése ágyúlövést is kivált.

R.

<sup>2</sup> Az eredeti példát megfelelő európai viszonyokra ültettük át.

R.

le. Így tehát éjfél sem lehet. Hogyan vált tehát csütörtökre a szerdai nap? Mert akkor is szerdai déli 12 óra lesz-e még, mikor az utas Astrachanba visszaért? Megérkezésekor, elindulása után 24 órával, azt fogják neki mondani, hogy csütörtök dél van. Hol változott tehát a nap? Nyilvánvaló, hogy valahol meg kell történnie e változásnak, 24 óránként egyszer. Közmegegyezés szerint a változás a Greenwich-től számított 180-ik délkörnél megy végbe, mert a délkör közelében kevés szárazföld található és így kevés embernek okoz alkalmatlanságot a változás. A greenwichi dél a 180-ik délkör éjféle órája. Ha tehát a Csendes-Óceánon nyugat felé haladó hajó e délkörhöz — tegyük fel — szerdán éjfélnélkor érkezik, a legközelebbi pillanatban, a mint a délkörön túl haladt, péntek éjféle 0 óra az idő. Rendszeren nem épen éjfélnélkor érkeznek a hajók a 180-ik délkörhöz, de ez mit sem változtat a dolog lényegén; minden odaérkezéskor egy egész nap, vagyis 24 óra kihagyandó.

Ha e vonalhoz például pénteken délután 4 órakor jutunk, azonnal szombat délutáni 4 óra lesz, mihelyt meghaladtuk a délkört. Ez a tapasztalat, mely a Csendes-Óceánt járók előtt nem ismeretlen, az „elveszett nap“ nevét viseli. Ha oly ember, ki február 29-én született, szökőévben a Csendes-tengeren nyugat felé hajózik és a 180-ik délkörhöz február 28-án éjfélnélkor érkezik, az egy nap elvesztése a keltezést előbbre viszi márczius elsejére; ennek a sajátságos következménye az, hogy a szóban levő utas nyolcz esztendő alatt csak egyszer ünnepelhetette születésnapja évfordulóját. Ha kelet felé utazva kelünk át a 180-ik délkörön, ellenkezőleg járunk el és 24 órát le kell vonni a keltezésből. Például, ha a hajó szerdán dél előtt 10 órakor érkezik az említett délkörhöz, átléptével azonnal kedd délelőtti 10 óra lesz. Midőn 1867-ben az Egyesült Államok megvették Alaskát, ez új területeken a hivatalos keltezéshez 11 napot hozzá kellett adni (l. a 173. lapot), mert az időszámítás Oroszországból, a félsziget előbbi birtokosától kelet felé jutott volt oda.

**A new-yorki és a japáni idő összehasonlítása.** — Ha valamely hajó Yokohamába megérkezik, ezt rendszeren kábel útján tudatják a tulajdonossal, a ki — teszem — New-Yorkban lakik. Ha ily sürgönyt feladunk, rendszeren az a kérdés

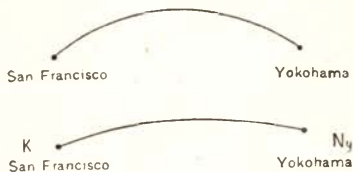
támad, hogy mikor fog a telegramm megérkezni. Minthogy a Csendes-Óceánban nincs kábel lerakva, a távirat Ázsián, Európán és az Atlanti-tengeren át jut rendeltetési helyére. A 129. lapon közölt táblázat szerint (Egységes idő idegen országokban) a Japánban elfogadott idő a Greenwichől 135<sup>o</sup> (9 óra) távolságban keletre fekvő délkör ideje. Minthogy a „keleti“ zónaidő a greenwichihez képest 5 órával késik, nyilvánvaló, hogy Japán a keleti zóna délkörétől nyugati irányban 10 órára van; Japán zónaideje tehát 10 órával kevesebb volna, mint a new-yorki, ha nem jöne közbe az egy napi veszteség. Ezt is tekintetbe véve, Japán zónaideje 24—10, azaz 14 órával van előbbre, mint a „keleti“ zónaidő.

Ugyanily eredményre jutunk, ha keleti irányban megyünk körül, hogy az alkalmatlan 180-ik délkört kikerüljük. A „keleti“ alapmeridián Greenwichől nyugati irányban 5 órára van, Japán pedig ugyanonnan kelet felé 9 órára, tehát tőlünk kelet felé 14 órára, a mi azt jelenti, hogy a japáni idő a mienkhez képest 14 órával előre van. Feltéve most, hogy hat órába kerül, míg a kábeltelegramm Yokohamából New-Yorkba jut, a kedden reggel hétkor feladott távirat hétfőn éjjel 11 órakor, tehát látszólag nyolcz órával feladása előtt jut kézhez.

**A legnagyobb kör ive a legrövidebb távolság.** — Gőzössel tett tengeri úton, különösen a Csendes-tengeren, a hajó kapitánya rendesen azt a járatot választja, mely egyik kikötőből a másikba a legrövidebb úton vezet.<sup>1</sup> Képzeljünk oly sikot, mely a két kikötőn és a Föld középpontján megy át; az iv, mely a gömbnek és e síknak átmetszésvonala, legnagyobb kör ive, a legnagyobb körmenti hajójárat, mely egyszersmind a két kikötőnek legrövidebb távola. Ha mindkét kikötő az egyenlítőn van, ez maga az összekötő legnagyobb kör, és a mely hajó a legnagyobb körbeli járatot követve indul egyik kikötőből a másikba, az emez esetben egyenesen vagy keleti, vagy nyugati irányban

<sup>1</sup> Vitorlás hajó számára, mely a tengeráramlásnak és különösen az uralkodó szeleknek befolyása alatt áll, a geometriailag legrövidebb út nem az, mely egyszersmind a legrövidebb időt is kívánja. A legrövidebb járatokat a meteorologiai tényezők súlybavetésével számítják és közlik a „hajózási utasításokban“ (sailing directions). E „legrövidebb utak“ csodálatosan messze térnek el a legnagyobb kör ívétől. R.

halad. De ha a kikötők nem az egyenlítőn vannak, hanem mindkettő közepes szélességű, miként San-Francisco és Yokohama, a parallelkör (mely közelítőleg összeköti őket és a földgömbnek kisebb köre) nagyobb görbületű, mint a legnagyobb kör, mely nyilván magasabb szélességig elnyúlik. Az északi sark felől nézve a két ívnek az ábrán bemutatott görbülete van. A legnagyobb kör íve, minthogy inkább nyúlik északra, kevésbé



111. ábra.

A legnagyobb kör adja a legrövidebb távolságot.

tér el az egyenes vonaltól, mint a megfelelő parallelkör íve (rajzunkban a felső) és ezért az előbbi a rövidebb. Ebből az következik, hogy a legnagyobb körbeli járatot követő hajók rendszeren magasabb szélességek felé jutnak el, mint a milyen a kiindulás helyének vagy az utazás végpontjának szélessége.

Mielőtt a Nap, Hold és bolygók tanulmányozásához lát-nánk, egy kis kitérést engedünk meg magunknak, hogy a műszerekkel is megismerkedjünk, melyek segítségével az égi testekről legtöbb ismeretet szereztünk.

## IX. FEJEZET.

### A CSILLAGVIZSGÁLÓ ÉS MŰSZEREI.

Az obszervatóriumok oly épületek, a melyekben csillagászati és fizikai műszerek megfelelően elhelyezhetők és a rendelkezésre álló segédeszközök folytán célirányosan használhatók. A modern csillagvizsgáló műszerei között legfontosabbak a távcsövek és spektroszkópok.

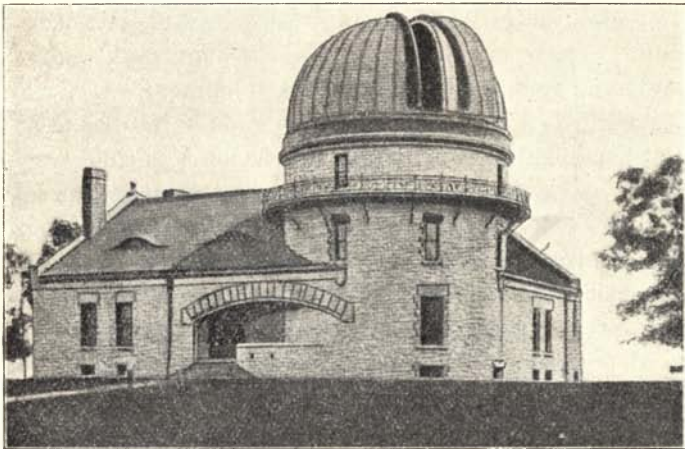
**A távcső előtti idők csillagászata.** — A csillagászat haladása mindig szoros kapcsolatban volt a mechanika fejlődésével, találékonyságával és alkalmazásával. A XVII. század előtt egyetlen bolygó nagyságát sem tudták megmérni, egynek mellék-bolygóját sem ismerték a mi Holdunkon kívül, Merkur és Vénus fényváltozását csak sejtették és lehetetlen volt a Nap, Hold és bolygóknak a csillagok között, valamint a csillagoknak egymásra vonatkozó helyzeteit pontosan meghatározni; azért, mert nem volt távcső. Fél századnál hosszabb idő telt el a távcső feltalálása után, míg PICARD fokokra osztott körrel oly módon kapcsolta össze, hogy a szögek mérése jelentékenyen tökéletesbült. Most az idő pontos mérése vált szükségessé: de habár GALILEI kifürkészte már az inga törvényeit, a csillagászatnak HUYGENS technikai lángelméjét kellett megvárnia, mely 1657 körül, kielégítő ingaórát szerkesztett. Majdnem valamennyi eddig készült nagy reflektor oly csillagászok műve, kik a gyakorlati mechanikában is nagyon járatosak voltak és a csillagászatnak majdnem minden ágában az utolsó fél század alatt tett gyors és jelentékeny haladás is csak az által vált lehetségessé, hogy türelmes és ügyes üvegöntőknek, optikusoknak és műszerkészítőknek munkája a tökélynek majd-

nem legfőbb fokára emelkedett. Be kell vallanunk, hogy 1860 előtt, ha nem tekintjük azt, hogy meteorkő és meteorvas-tömegek, melyek lehullását szemtanúk látták, némi sovány bizonyosságot szolgáltatottak, a más világok fizikai alkatáról egyszerűen teljes tudatlanságban éltünk. A szinképelemzésnek KIRCHHOFF által felfedezett törvényei juttattak oda, hogy megismerkedtünk azokkal az elemekkel, melyekből minden test össze van téve, akármilyen messze van tőlünk, ha csak oly erős fényt bocsát ki, mely szemünkbe eljuthat. De NEWTON óta egy lépés sem történt az ezen korszakos felfedezéshez vezető úton, míg WOLLASTON ügyessége a haladást meg nem indította annak kimutatásával, hogy a fény csak akkor elemezhető, ha igen keskeny hasadékon hatol át, s a mig FRAUNHOFER, a kiváló német optikus, mint első, a Nap szinképében a sötét vonalokat ki nem mérte. Így hasonló módon a mi napjainkban, a távcső és spektroszkóp erejét hatalmasan fokozta a CLARK-ok és ROULAND, HASTINGS és BRASHEAR (megannyi amerikai) optikus művészete és mechanikai ügyessége.

**A csillagvizsgáló legjobb fekvése.** — A csillagvizsgáló helyét szabad szemhatár, lehetőleg tiszta ég, a műszerek szilárd alapozásának lehetősége és állandó, nyugodt légkör szabja meg.

Mind e feltételek az utolsó kivételével önként értetődnek. Ha meg akarunk győződni, mennyire szükséges az egyenletes légkör, nézzünk valamely távoli külső tárgyat oly ablakon keresztül, mely alatt fűtő-csővek, kályha vagy más hőforrás van. A szemügyre vett tárgy elmosódottan, reszketegnek fog látszani. Hasonlóképen a Föld színéről is a légkör felsőbb rétegei felé folyvást áramlik meleg levegő, hideg levegő pedig leereszkedik és amannak helyére tódul. Habár a szem e légköri mozgásokat nem látja, hatásuk félreismerhetetlenül mutatkozik, ha távcsövön nézünk, a mennyiben a különböző hőmérsékletű s ezért különböző sűrűségű fel s alá szálló légrétegeken keresztül az égi test elmosódva, eltorzulva, rezegve és nyugtalannak tűnik fel. A nyugvó kamarával exponált fotografiai lemezekon mutatkozó csillag-nyomok ezt nagyon szembe-tűnővé teszik. Hogy tökéletes távcső kifogástalanul működjék, kifogástalan légkörre is van szüksége, mert különben jósá-

gát ki nem aknázhadjuk. Minden légköri akadály legjobban kikerülhető a földgolyó száraz és sivatag helyein, 1000—3000 méter magasságban a tenger színe felett. Az amerikai szárazföldön már több csillagvizsgáló épült hegység magaslatán. A legnevezetesebbek a Harvard College-hoz tartozó *Boyd*-csillagvizsgáló Arequipában (Peru, 2400 m.), a *Lowell*-csillagvizsgáló Arizonában (2100 m.) és a *Lick*-csillagvizsgáló Kaliforniában (1200 m.). Magasabb hegyre vonatkozó tapasztalataink alig vannak; még nem tudni, hogy az állandó ott tartózkodás



112. ábra.

A DEARBORN-obszervatórium Evanstoneban.

(Igazgatója G. W. HOUGH.)

nehézségei nem okoznának-e nagyobb kárt, mint a mily hasznot nyújtana a tetemesebb emelkedés.

**A csillagvizsgáló leírása.** — A kívülről megismertető jellemző részek között legfőbb a nagy kupola, mely rendszeren félgömbalakú és kerekeken vagy ágyúgolyókon köröskörül forogatható. A nyílás, melyen át a távcsövet a csillagok felé irányíthatjuk, a tárgylencsének átmérőjénél kétszer-háromszor szélesebb rés. Ennek kinyitása igen sokféleképp történhetik; gyakran, — mint rajzunkban is látható — csap körül csigakon földre csúsztatják. A torony közepén szilárdul épült, és az

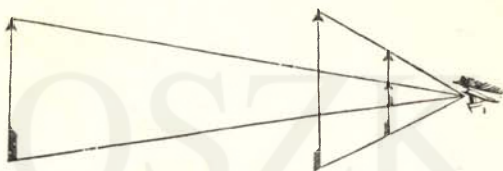
épület többi részeivel semmiképen nem érintkező tömör oszlop emelkedik, mely a távcsövet hordja. A távcső parallaktikus szerelése (l. az 51. lapon), a nyitott rész és a körben forgó kupola lehetővé teszi, hogy a műszert hamarosan az ég bármely pontjára irányozhassák. A csillagvizsgálókon ezenkívül délkör-szoba van északról délig nyúló nyitható réssel; e szobában, melynek egy része a toronytól jobbra látható, átmeneti műszer vagy délkör áll. Ugyanitt van a chronográf és az ingaóra, vagy a chronometer az égi testek délkörátvonulásainak feljegyzésére. Modern csillagvizsgálók berendezéséhez tartozik még a könyvtár- és dolgozó-szoba, a fotografáláshoz szükséges sötét szoba és több más felszerelés, mely az illető intézetben végzett munka minemősége szerint változó. A csillagvizsgálók építésének legjobb módja az, mely a legkevesebb anyagot használja fel, úgy hogy napközben lehetőleg kevés hő halmozódjék fel a falakban; e melegnek esti kisugárzása ekkor csak kevés helyi zavart fog okozni a levegőben; a falaknak zöld repkénnyel való befuttatásával e kívánatos eredmény nagyon elősegíthető. Úgy tartják, hogy minden egyes műszert legjobb a maga külön és megfelelő házába helyezni, sűrűn álló vagy kiterjedt épületektől lehetőleg messze.

**A műszerek osztályozása.** — A csillagvizsgálókon használatos műszerek három osztályba sorozhatók.

a) *Távcsövek* oly műszerek, melyek a látóképességet támogatják, vagy növelik. Kétfélek: a lencsés távcsövek elve a fénytörés, a tükrös távcsöveké a fényvisszaverődés. Amazok dioptrikus, emezek katoptrikus távcsövek, vagy röviden refraktorok és reflektorok.

b) *Szögmérő műszerek.* Ezek is kétfélek. Az ívek mérésére szolgáló műszerek a fokokra osztott körök, melyekkel nagy, a mikrometerek, melyekkel kis, és a heliometer, melylyel úgy közép nagyságú, mint igen kicsiny ívek mérhetők. A szögek mérésére való műszerek második osztályába az idő megfigyelésére használt átmeneti műszerek tartoznak (az időt az egyenlítő egy pontjának egyenletes szögmozgása méri), továbbá az időt feljegyző chronográfok, órák és chronometerek, melyek segítségével az idő lefolyását napról-napra állandóan és pontosan követhetni.

c) *Fizikai műszerek.* Ilyenek nagy változatosságúak a legmodernebb berendezésű csillagvizsgálókon és az égi testek kisugározta fény és hő vizsgálatára szolgálnak. Legfontosabban a spektroszkópok vagy fényelemző készülékek, melyeknek számos, más és más célhoz szabott formájuk van. A heliosátok óraművel hajtott siktükrök, melyek valamely égi test fénykévéjét állandó irányba verik vissza. A bolometer rendkívül érzékeny mérője a sugárzó melegnek és ugyanily célra szolgál az elektromos hőoszlop, habár kevésbé érzékeny. A fotometert az égi testek fényének mérésére használják; az aktinometer és pyrhelimeter oly fizikai műszerek, melyekkel a Nap sugárzó hőjét mérik. A fotografus kamaráját mai nap nagyon sűrűn alkalmazzák a szem helyett, hogy a



113. ábra.

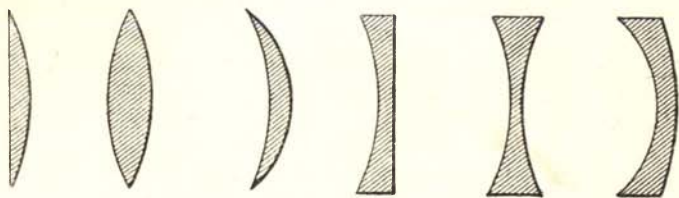
A látószög jelentése.

távcső, spektroszkóp és bolometer adatait maradandóan feljegyezze, még pedig amaz egyéni tévedésektől menten, melyeknek minden emberi megfigyelés ki van téve.

**Távcsövek.** — A távcső oly optikai műszer, mely a szem látóképességét azzal növeli, hogy a távoli tárgyakat nagyobbaknak és ezért közelebb fekvőknek tünteti fel.

Ez a látószög látszólagos nagyobbitása útján történik. A távoli tárgyat a puszta szem aránylag kis szög alatt látja, de célszerűen összeállított lencserendszer, mely a tárgytól érkező sugarak irányát megváltoztatja, azt a benyomást kelti, hogy a tárgy sokkal nagyobb szöget tölt be, tehát közelebb van. Az ily lencseszerkezetnek neve távcső. Mindennemű távcső részei kétfélék: optikaiak és mechanikaiak; optikai részek a lencsék vagy tükrök (a szerint, a milyen fajtájú a távcső); mechanikai részek a cső, továbbá a lencse vagy tükrök foglalata

és igazító szerkezete és a cső beirányítását czélzó gépezet. A távcsövekben használt összes és különféle alakú lencsüket (átmetszetben) rajzunk mutatja. Minden távcső egy és ugyanazon elven alapul: tárgylencse vagy tükör (az úgynevezett objektív) a távoli tárgynak közelfekvő képét hozza létre,

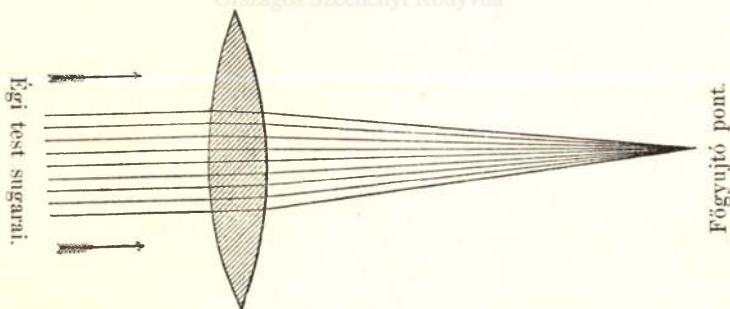


sikdomború, domború, meniskus sikhomorú, homorú, domború-homorú, (homorú-domború)

114. ábra.

A használatos optikai lencsék metszetei.

melyet a kép és a szem közé illesztett nagyítóval, az úgynevezett szemlencsével (okulár) észlelünk, mintha csak légy szárnya vagy pehely szövedéke volna előttünk. Az a pont, mely-

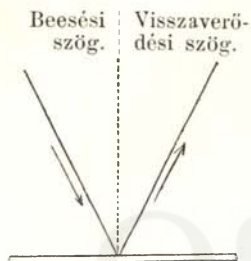


115. ábra.

Párvonalos sugarak a gyújtólencse fókuszában találkoznak.

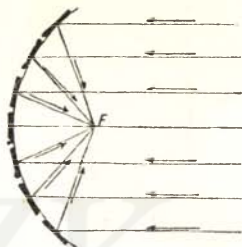
ben a csillagtól párvonalosan érkező sugarak a lencsében való törés után egyesülnek, az úgynevezett főgyújtópont (focus). (Lásd rajzunkat.) A középsugár, mely a lencse két felületének görbületi középpontján halad át, az optikai tengely. A gyújtóponton át az optikai tengelyre merőlegesen fektetett síknak

neve gyujtósík. Tárgylencsét és nagyítót úgy kell beigazítani és megerősíteni, hogy mindkettőnek tengelye egy és ugyanazon egyenesbe essék. Ha ily helyzetben kézben lehetne tartani, még pedig egymástól kellő távolságban, semmi szükség sem volna a csőre. A cső, mely némelykor szögletes, máskor gömbölyű, csak mechanikai segédeszköznek tekintendő, mely a távcső optikai részeit a szükséges viszonylagos helyzetben tartja. Mellékesen azzal is használ, hogy a külső, idegen fényt elfogja a nagyító elől, ámbár ezzel csak csekély szolgálatot tesz.



116. ábra.

A visszaverődés szöge a beesésével egyenlő.



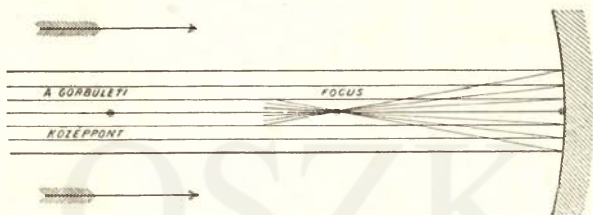
117. ábra.

Parallelsugarak a homorú tükör gyújtópontjában találkoznak.

**A távcsövek fajtái.** — Különböfélé fajtájú távcső van: *a)* Ha az objektív lencse (legegyszerűbb alakjában kettősen domború lencse) a képet úgy létesíti, hogy befelé, vagyis a gyújtópont felé töri a ráeső sugarakat: ilyenkor a távcső neve refraktor. Az efféle műszerek — úgy látszik — legegelőször Hollandiában tűntek fel a XVII. század elején; de feltalálásuk GALILEI-nek is sikerült 1609-ben és ő alkalmazta legegelőbb az égi testek megfigyelésére. Ha azt akarjuk, hogy a távcső jó szolgálatot tegyen, lencsáját nem szabad táblaüvegből készíttetni, mert az okulár nagyítva láttatná mindazokat a hibákat, a melyeket a pusztá szem is felfedez a közönséges ablaküvegben. A tárgylencse a legfinomabb minőségű, optikai üveg néven ismeretes anyagból készüljön. Optikai üvegnek tökéletes, párvonalasan csiszolt felületekkel bíró példányán észrevehető törés nélkül halad át a merőlegesen ráeső fénysugár és elnyeletése is igen csekély.

b) Ha homorú tükör az objektív, a kép úgy keletkezik, hogy valamennyi fénysugár a tükröző felületről való visszaverődés után egyesül a gyújtópontban; ily távcső neve reflektor. A rajzokból megérthetni a szerkezet elvét, melynek értelmében a visszaverődési szög mindenkor egyenlő a beesési szöggel. A vájt tükör is úgy tekinthető, mintha végtelen sok siktükörből állna, melyek a gömbtől kevéssé eltérő, átmetszetben parabolás homorú felület mentén vannak elhelyezve. Mint az idevágó rajz mutatja, a gyújtópont a görbületi középpontnak a tükörtől való távolságát épen felezi.

**Egyszerű refraktor mérete.** — Ha közönséges domború lencse a fénysugarakat a gyújtópontban egyesíti, ezeket szükség-

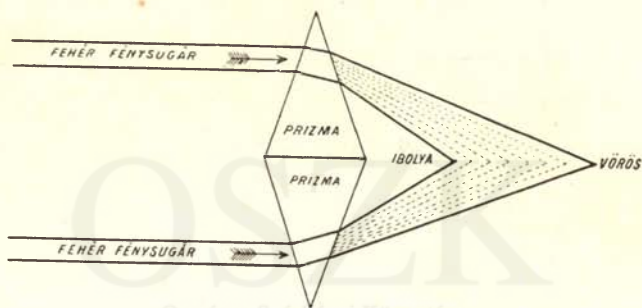


118. ábra.

A gyújtópont a görbületi középpontnak a tükörtől való távolságát felezi.

képen megtöri, vagyis a tengely felé hajlítja. De a fehér fény számtalan színes sugárból áll, melyek a szinképben a vöröstől az ibolyáig terjednek. Kevéssel a távcső feltalálása után felfedezte kísérleti úton ISAAC NEWTON, hogy a hasábok nem egyformán hajlítják el a különböző sugarakat; az ibolya színű fény erősebben törik, mint a vörös, és a közbeeső színek a szinképben elfoglalt helyzetük szerint térítetnek el. Ha a lencsét piczi hasábok összességének tekintjük, világos, hogy a dolog természetéből folyólag tökéletes távcső szerkesztése lehetlenségnek látszik, mert egyes lencse valamennyi fénysugarat egyetlen gyújtópontban nem egyesíthet, hanem csakis a tengely mentében levő több pontban, az ibolyaszínű sugarakat legközelebb az üveghez, a vörös sugarakat pedig legtávolabban. Mindazonáltal részben legyőzték a távcső fejlődésének e komoly akadályát azzal, hogy nagyon laposakra csiszolták a lencsé-

ket, minek folytán gyújtóponttávolságuk tetemesen nőtt. A XVII. században így óriási hosszú távcsövek épültek, melyek használata igen nehézkes, sőt majdnem lehetetlen volt. Némelykor a tárgylencse magas rúd tetején elhelyezve csuklóra járt; az észlelő hosszú kötéllel irányozta be, egyúttal kezében tartva a nagyítót, a hogy épen lehetett. 60 méternél hosszabb távcsöveket is készítettek és ezekkel több becses megfigyelés történt, habár kimondhatatlan időpazarlás és türelem kellett hozzá. NEWTON végül is arra az eredményre jutott, hogy hasznavehető, lencsés távcső nem szerkeszthető és ezért a feltalálók figyelme más irányba terelődött.



119. ábra.

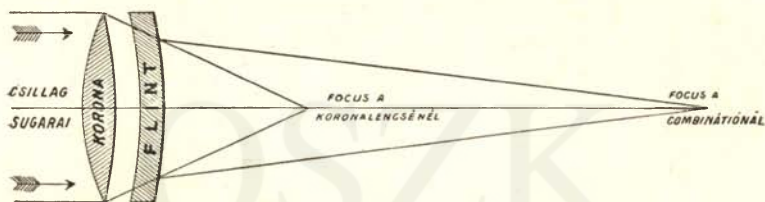
A prizma töri és szórja a fényt.

**Egy lencse magában nem szintelenít.** — Hogy tisztán lássuk a dolgot, vegyük szemügyre az ábránkban feltüntetett lencsét, mely egyszersmind két háromoldalú, az alapokkal egymásra fektetett hasáb átmetszetéül tekinthető. Ha e hasábokra két párvonalas, fehér fényű sugár esik, mindegyike a lencse tengelye felé törik, de egyszersmind fel is bomlik a színek különböző szineire. A legkevésbé törékeny vörös sugarak gyújtópontja legtávolabb lesz a lencsétől; az ibolyaszínű sugaraké, melyek legnagyobb szög alatt hajlanak el a beesési függőlegestől, legközelebb lesz a lencséhez. A többi színeknek gyújtópontjai a tengely mentében helyezkednek el, mint a rajz mutatja. Ha a valóságos lencsét tekintjük, végtelen sok hasábfelületével, az eredmény ugyanaz. Úgy, hogy általában nem is mondhatjuk, hogy a lencse a fehér fény sugarait valamelyes

egyes gyújtópontba gyűjtené, és a fehér tárgy képe mindig különböző szint fog mutatni, bárhová helyezük is el a nagyítót.

**A színtelenítő távcső elve.** — Az objektív két lenszét kétféle üvegből kell készíteni: 1. a kettősen domború lencse, mely rendszeren a külső, könnyű crown-üvegből való; 2. a sík-homorú lencse, mely kis távcsövekben rendszeren igen közel áll az előbb említetthez, nehéz flint-üveg.

A két üvegnemből készült hasonló hasábok közel egyenlő mértékben térítik el a fénysugarakat; míg tehát a kettősen domború lencse a sugarakat a tengely felé hajlítja, az egyszerűen vagy sík-homorú felényire újból széthajlókká teszi őket. Így áll a dolog, ha csak a sugártörést tekintjük; rajzunkból pedig világos,



120. ábra.

Színtelenítő távcső.

hogy a kettős tárgylencsének nagyobb gyújtótávola van a flint-lencse szóró hatása miatt. Most azonban azt is vizsgáljuk, mily hatással van e két lencse alkalmazása a színszórásra szemben azzal, melyet az egyes lencse magában hozna létre. Ha a kétféle üvegből készült hasábokkal teszünk próbát, úgy találjuk, hogy a flint-hasáb nagyobb sűrűségénél fogva majdnem kétszer oly hosszú szinképet idéz elő, mint a crown-hasáb, tehát egyik hasáb színszóró-hatása kétszer akkora, mint a másiké. Igen, de a lencsét nagyon sok hasábból összetéve képzelhetjük, végtelen kis hasábok mozaikjának. Nyilvánvaló tehát, hogy a sík-homorú lencse, bár sugártörő ereje csak féllakkora, mint a crown-üveglencséé, az utóbbival színszórás tekintetében felér. Ennélfogva a gyűjtő crown-üveglencse színesítő hatását lerontja az, hogy a sugarak a szóró flintlencsén is átmennek és az eredmény gyakorlatilag színtelennek tekinthető kép. Így oldható

meg az a fontos feladat, hogy törést színszórás nélkül hozzunk létre, a minek az újabb kor nagy refraktorait köszönhetjük.

**Az achromatikus távcső története.** — Félszázaddal NEWTON után, 1733-ban, fedezte fel HALL, hogy a refraktor alkotta kép majdnem teljesen szinteleníthető, ha a tárgylencse nem egy, hanem két lencséből készül, mint az imént kifejtettük. Ezt a fontos találmányt rendszeren DOLLOND-nak tulajdonítják,

ki 1760 körül szabadalmat kapott ugyanez eszmére, mely neki is egészen függetlenül támadt. Ekkép a távcső-készítés művészetének haladása biztosított és mentől nagyobb távcsövek előállítását már csak nagy üveglepények öntésének nehézsége korlátozhatta. Az utóbbi akadályt csak 1840 körül győzték le párisi üvegművesek; de a nagy távcsöveknél új, az üveg természetében rejlő kellemetlenség támadt, mert a kettős tárgylencse rendszer alakjában nem tehető teljesen szintelené. Elég bántó biborszegély, az úgynevezett másodlagos szinkép, környezi a fényesebb képeket, a miatt, hogy a crown-üveg színszórását a flint egészen nem ronthatja le. A további haladás tehát lehetetlen volt mindaddig, míg újabb üvegfajták készítését nem találták fel. A német kormány pártfogásával újabban ABBE kutatásokat végzett, melyek igen számos új üvegfaj feltalálására vezettek, úgy hogy ezek összetételével közép nagyságú távcsöveket majdnem tökéletesen szintelenítően készíthettek. HASTINGS Amerikában, TAYLOR Angolországban nagy sikert arattak e téren. Némely újabb tárgylencse két, de némelyik három lencséből áll; azonban felette nehéz az újfajta üvegből nagyobb lepényekre szert tenni.



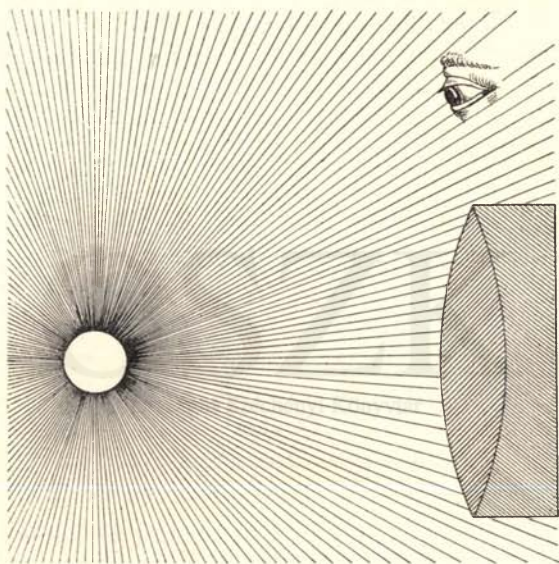
121. ábra.

A szintelenítő távcső hosszanti metszete.

**Az objektivek hatályossága.** — Ez két különböző feltételtől függ: (a) valamely objektív fénygyűjtő képessége felületével arányos. Elméletileg a hathüvelykes<sup>1</sup> lencse négyszer

<sup>1</sup> A tárgylencsék átmérőjét — nyílását — most is legtöbbször hüvelyekben fejezik ki, mert a közép nagyságú távcső gyújtótávolsága lábakban rendszeren felér a nyílás hüvelykben adott méretével. R.

annyi sugarat gyűjt össze, mint a háromhüvelykes, mert az objektivek felületei az átmérők négyzeteinek arányában növekednek. De a gyakorlatban a nagyobb üveg által összeszedett fény valamennyire megcsappan, mert a lencse vastagabb; ugyanis minden üveg, bármilyen tiszta, némi fogyatkozást mutat átlátszóság tekintetében. Ugyanily módon hasonlíthatjuk össze a puszta szem és bármely lencse fénygyűjtő képességét. Sötétben a rendes alkotású szem bogara körülbelül 5 milliméter

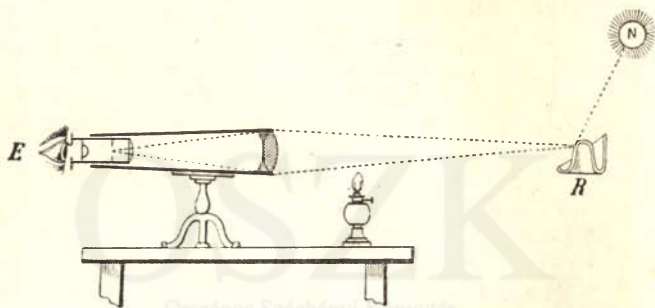


122. ábra.

Szem és tárgylencse felületük arányában gyűjti a fényt.

átmérőre tágul. Átmérője 15-ször kisebb, mint a háromhüvelykes lencséé, a hogy rajzunk (felényi kisebbitéssel) mutatja; ezért minden csillag közel 225-ször fényesebbnek látszik háromhüvelykes távcsövön nézve, mintsem puszta szemmel. Ha ugyanily módon számítgatjuk a *Yerkes*-csillagvizsgáló nagy negyvenhüvelykes lencséjének gyűjtőképességét, azt a szeménél 40 ezerszer nagyobbak találjuk. A fénygyűjtő-képességet kipróbálhatjuk, ha keressük, melyik a leggyengébb, a távcsőben még látható csillag és ezt megfelelő égi testeknek gyakorlatilag

már összeállított sorozatával összehasonlítjuk. (b) A tárgylencse képességén részben azt értjük, hogy mennyire alkalmas a Hold és bolygók finomabb részleteinek teljesen éles és tiszta feltüntetésére, de szabatosabban azt értjük rajta, hogy mennyire használható a távcső egymáshoz közelálló ikercsillagoknak elbontására. (L. XVI. fejezet.) A kép élessége, feltéve, hogy a lencsék tökéletesek, egyenes arányban nő az üvegek nyílásával vagy átmérőjével; azaz a hathüvelykes üveg szétbont oly ikercsillagot, melynek összetevői 0·8 ívmásodpercpre vannak egymástól, de tizenkét hüvelykes szükséges, ha csak 0·4" távolságú ikercsillagot akarunk elválasztani. Azonban az élesség



123. ábra.

A távcső kipróbálása.

a nyíláson kívül még ép úgy függ az eredeti üvegdarabok tökéletességétől, mint a csiszolásukra vállalkozó optikus ügyességétől és türelmétől. Akár egyik, akár más tekintetben van nagyobb hiba, értéktelenné válik a távcső.

**A távcső kipróbálása.** — Csavarjuk le a csőről a tárgylencse foglalatát, de a lencsét ne vegyük ki belőle. Ha az üvegen át az ég felé nézünk és az üveg tisztának és szintelennek látszik, vagy legalább majdnem annak, fénygyűjtő képessége kielégítőnek tekinthető. Apró foltok és légbuborékok sohasem fordulnak elő oly nagy számmal, hogy ártalmasak lehessenek; mindegyik csak csekély, területével egyenlő sugárkévét tart vissza. A kép élességét sokféleképen próbálhatjuk ki, mesterséges csillagon is. Irányozzuk a távcsövet a Napnak kitett, 15 méterre vagy még távolabb levő közönséges hőmérő

gömbjére. Vagy sötét üvegből való tört palaczk domború fenekét is használhatjuk e czélra, mint rajzunkban *R*. A gyújtópontban kellő beállítás után mesterséges csillag látszik, mert a görbült felület a Nap képét tükrözi; a csillagot némelykor fényelhajlási (diffractiós) gyűrűk környezik (a rajzban *A*). Csavarjuk a nagyítót be- és kifelé, míg a fénylő pont kerek fénykoronggá (*B*) tágul, melyet fényelhajlási (diffractiós) képek neveznek. Sötét közepe a nagyító kihuzása alkalmával, vagy világos belseje, ha a szemlencse be van tolvá, a lencsék görbületének többé-kevésbbé tökéletlen voltára enged következtetni. Ha a fénykorongból egy darab hiányzik vagy fénypamat szóródik ki belőle, ez annak jele, hogy magában az üvegben vannak hibák. A kiváló lencse gyújtóponton kívüli képe tökéletesen kerekded és egész terjedelmében egyenletesen fényes, mint *B*. Ugyanilyen próbákat tegyünk elsőrangú csillagokon. Ha a rajzban jelzett helyre lámpát teszünk, ennek melege számos oly káros hatást idéz elő, mely a nagyon nyugtalan levegőnek a következménye. *A* és *B* alakú képek helyett akkor *C* és *D* látható, melyekben küllők és foltok folytonos mozgásban vannak.



124. ábra.

Diffractiós csillagkorongok.

**Kicsiny, de hasznavehető messzelátó.** — Néhány fillért költve gyújtólencsékre, bárki némi kézi ügyességgel, néhány órai munkával oly távcső birtokába juthat, mely már holdhegyeket, napfoltokat, Jupiterholdakat és néhány tágasabb ikercsillagot mutat. Vásároljunk az optikustól két, messzelátók számára készült szemüveglencsét. Inkább kerek üvegek legyenek, mint tojásdadok és nagyon eltérő erejűek. például az egyik ötös, a másik harminczas számú.<sup>1</sup> A számok a lencsék gyújtótávolságát jelzik hüvelyekben. Készítsünk két keménypapírcsövet úgy, hogy az egyik a másikban könnyen tolható legyen. A két cső hossza együttvéve körülbelül 15 czentiméterrel legyen nagyobb, mint a két lencse számának összege. Feketítsük be a csövek

<sup>1</sup> 8 és  $1\frac{1}{3}$  dioptriás; a dioptriák számát megkapjuk, ha 40-et elosztjuk a lencse régi számával.

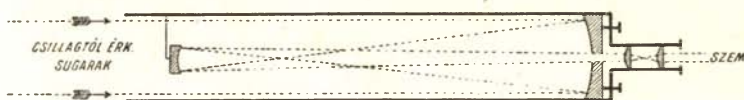
belsejét és külső végeikbe illeszszük be a lencsüket. A harminczas számú üveg a tárgylencse, az ötös a nagyító; a két lencse nagyító ereje, ha kölcsönös távolságuk gyújtótávolságaik összegével egyenlő, épen akkora, mint számaik aránya, tehát hatszoros. Így készített távcsővel sikerült e sorok írójának 14 éves korában látni Jupiter holdjait.<sup>1</sup> Néhány koronáért már jó szintelenítő lencse is vásárolható (körülbelül 5 centiméter átmérőjű) és két megfelelő nagyító (25 és 100-szoros nagyításhoz) is. Ily távcső alkalmas szerelésének módját már leirtuk a 49. lapon. Hogy optikai tekintetben mi a leglényegebb, láttuk a 207. lapon. A lencsüket a csövekbe kellően beillesztve, használható és megfelelő távcsőre tettünk szert, mely teljesen elegendő, hogy a Vénus fázisait, Saturnus gyűrűjét és számos ikercsillagot lássunk.

**A nagy refraktorok.** — A nagy refraktorok sorát a *Yerkes*-csillagvizsgáló 40 hüvelykes (101 centiméteres), 20 m. hosszú távcsőve nyitja meg. (L. a 3. és 10. lapon.) Kedvezőbb elhelyezésű a nagyságban vele versenyző híres *Lick*-távcső, mely 36 hüvelykes (91 centiméteres) nyílású és Kaliforniában a *Hamilton-hegy* tetején 1300 méterre a tenger színe felett van.

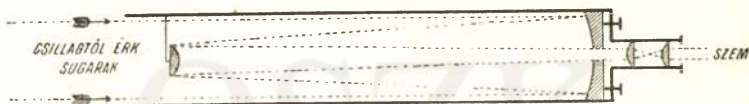
Mindkét említett nagy műszer egész gépezete Clevelandban készült WARNER és SWASEY műhelyében, de a tárgylencsüket a híres ALVAN CLARK és FIAI cég készítette Cambridgeportban, párisi gyártmányú üveglepényekből. Amerikában még egyetlenegy első minőségű optikai üveget sem készítettek, mert az előállítási mód lényege titok. Münchenben STEINHEIL csak nem régen készített egy 31 $\frac{1}{2}$  hüvelykes (80 cm.) nyílású tárgylencsét az új fajta üvegből a potsdami nagy asztrofizikai csillagvizsgáló részére. Hasonló méretű lencse, HENRY készítménye, Párisban a meudoni csillagvizsgálón van. CLARK-ék 30 hüvelykes (76 cm.) nyílású lencsét is készítettek, melyet REPSOLD a Szent-Pétervár mellett levő pulkowai csillagvizsgáló számára szerelt. Hasonló nagyságú a párisi HENRY testvérektől csiszolt lencse a BISCHOFFSHEIM által Nizzában, déli Franciaországban alapított pompás

<sup>1</sup> Második gimnázista korában revizor ép ily távcsővel felszerelt keménypapír körön végzett csillagászati „méréseket“.

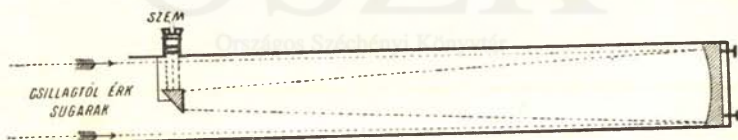
csillagvizsgálón, egy 29 hüvelykes (74 cm.) pedig MARTIN-tól, Párisban van. A legközelebbi három távcső a dublini SIR HOWARD GRUBB műve; a 28 és a 26 hüvelyk (71 és 66 cm.) nyílású a greenwichi királyi csillagvizsgálón van, a 27 hüvelykes (68·5 cm.) Bécsben. Nagyságra nézve ezek után következik két 26 hüvelykes (66 cm.) nyílású távcső ALVAN CLARK ÉS FIAI-tól, melyek egyike a washingtoni Naval Observatorynak legfőbb műszere, míg a másik a virginiai egyetemnek disze. A 25 és



Gregory-féle (kis vajtűkör).



Cassegrain-féle (kis domború tükör).



Newton-féle (oldalt levő okulárral).

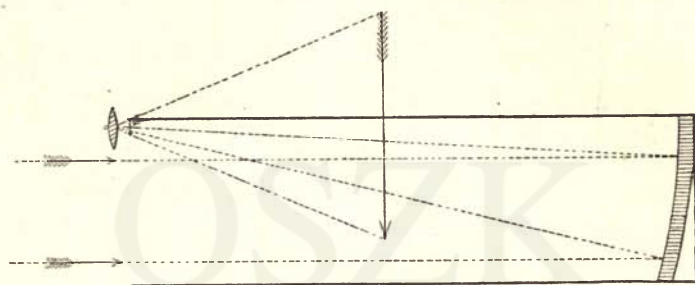
125. ábra.

Háromféle reflektor.

15 hüvelykes (63 és 38 cm.) méretek közt váltakozik körülbelül két tucat refraktor, sok közülök az ALVAN CLARK ÉS FIAI cégtől való; egy 18 hüvelykes (46 cm), mely most a pennsylvaniai egyetemé, az alleghany-i elsőrangú optikusnak, BRASHEAR-nak műve. Nevezetes, hogy a legtöbb nagy refraktor — a reflektoroktól eltérőleg — Amerikában készült és nagyobb mértékben járult hozzá a csillagászati tudomány haladásához, mint a reflektorok.

**A reflektorok feltalálása és méretök.** — Ha a sugártörés felhasználásával lehetetlennek látszott tökéletes távcsőre szert

tenni, világos, hogy csak egy mód maradt, a finomul csiszolt tükrökről visszavert sugarakat kellett gyűjteni. Ámbár a távcső készítésének e nemével — úgy látszik — már 1639-ben tisztában voltak, még egy negyedszázad telt el, mielőtt GREGORY az első tükrőtávcsövet megszerkesztette (1663). Két vájttükröt használt, mint a rajzból látható; a nagyobbik a kép előállítására való, a kicsiny pedig a sugarakat a csőből a nagyítóhoz tereli. Tíz évvel később CASSEGRAIN további haladást idézett elő, midőn a GREGORY apró vájt tükrét domborúval helyettesítette (szintén látható rajzunkban). A reflektor e két alakjának egyaránt megvan az a jó oldala, hogy a megfigyelő valóban



126. ábra.

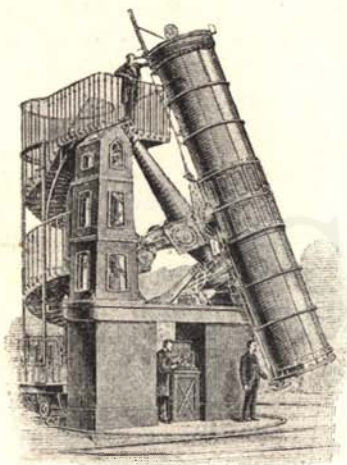
Herschel tükrőtávcsöve.

a tárgyból jövő sugarak irányában néz a csőbe, de nagy hibája, hogy a tükrő közepét, vagyis legjobb részét ki kell vágni, hogy a nyíláson át a nagyítóhoz juthassanak a sugarak. A tükrő épségben marad és a ráeső fényből kevesebb vesz kárba a NEWTON (1672) feltalálta alakon, melyben a nagy tükrő tengelyével 45 fok szöget alkotó kis siktükrő van elhelyezve. E berendezésnek, mely az újabb reflektorokon túlnyomóan használatos, némi hibája, hogy a megfigyelő a vizsgált tárgy irányával derékszöget alkotó irányban néz a nagyítóba (l. az ábrát); különben most kis derékszögű, teljes visszaverődésű hasáb van általánosan elterjedve a kis átlós tükrő helyett, a mivel a fénynek jelentékeny százaléka megmenthető. A reflektor negyedik, legelőbb LE MAIRE javalta alakját HERSCHEL használta a XVIII. század második felében; kissé döntötte a tükrőt, hogy

gyújtópontja a cső falához jusson. A tükör dültsége lehetővé teszi ugyan, hogy semmi fény sem megy veszendőbe, de a kép eltorzulását nehéz elkerülni. Újabban ez eltorulás csökkentése céljából a „ferde Cassegrain“ nevű műszer lett divatos Angolországban; FRITSCH bécsi optikus ugyane nehézség legyőzésére a brachyteleszkópot (vagy rövid csövet) találta fel, melyen kicsiny és ellenkező hajlású domború tükrőről másodszor is visszaverődik a fény. Egészen a XIX. század közepéig ötvényből készültek a tükrök, mely ötvény rendszeren 59 rész ónból és 126 rész rézből állott. Most a tükröt általában üvegből készítik, és homlokfelületét, nem mint a közönséges tükrőnél hátát, chemiai úton vékony ezüstréteggel vonják be; röviden szólva csak ezüstözött vagy ezüst tükrökről beszélünk. Az üveg, minthogy rajta nem hatol át a fénysugár, sokkal rosszabb minőségű is lehet, mintha lencséhez kellene. Mint-hogy sokkal könnyebben készíthető, a jövő távcsöve valószínűleg reflektor lesz, noha azt tartják róla, hogy képei kevésbé élesek. A nagy refraktorok mindenesetre kevésbé ormóttanok és tényleges használatra alkalmasabbak.

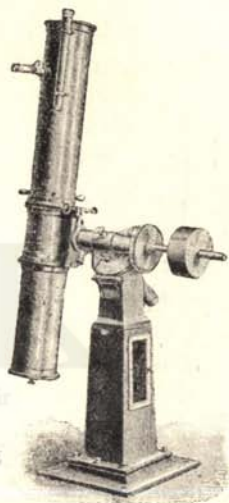
**A nagy reflektorok.** — A legnagyobbat, melyet némelykor *Leviathan*-nak neveztek, LORD ROSSE építette 1845-ben NEWTON elve szerint Birre Castle-ban, Parsonstown irországi város mellett. A tükör fémből való, hat láb (1·83 méter) átmérőjű és körülbelül 8 hüvelyk (2 dm.) vastagságú. Szerfeletti súlya miatt, mely 8 angol tonna, szerelése is igen nehézkes. Az óriási cső 56 láb (17 m.) hosszú és 7 láb (2·1 m.) átmérőjű. Nagyságra nézve legközelebb áll hozzá az az 5 láb (1·52 m.) átmérőjű ezüstös üvegreflektor, melyet COMMON készített (1889) Ealingben (Angolország). CASSEGRAIN-féle alakú, üvegének vastagsága majdnem egy láb (3 dm.), nehogy saját súlya miatt hajlást, görbülést kapjon. A *Yerkes*-obszervatórium hasonló nagyságú reflektort készítettett. 1867-ben GRUBB TAMÁS Ausztráliába, a melbourne-i csillagvizsgáló részére 4 lábas (1·22 méter) ezüst tükrű GREGORY-féle reflektort szállított, mely alighanem a legkényelmesebb valamennyi nagy reflektor között. A XVIII. század második felében SIR WILLIAM HERSCHEL számos reflektort készített, volt köztük négy láb (1·22 méter) és félannyi átmérőjű is; ő sok fontos dolgot fedezett fel velök, de

e műszereknek egyike sincs most használható állapotban. LASSELL, kiváló angol csillagász, két nagy reflektort készített, az egyik négy láb (1·22 m.), a másik két láb (61 cm.) nyílású volt; mindkettőt Malta-szigetén használta 1852—1865-ig. Szerkesztettek még több három láb (93 cm.) nyílású reflektort, melyek közül a legnevezetesebb LORD ROSSE, egy másik a *Lick*-csillagvizsgáló birtokában van. A párisi csillagvizsgálón van egy nagy, majdnem négy láb (1·22 méter) nyílású ezüst-



127. ábra.

A párisi nagy reflektor (Martin).



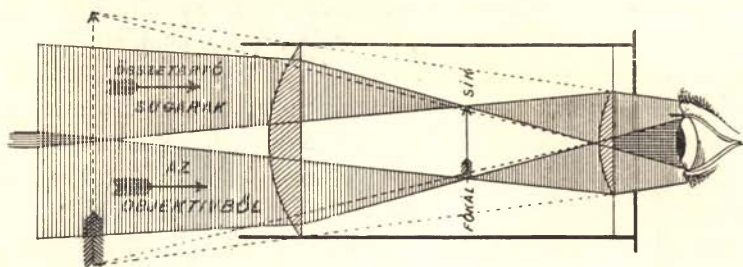
128. ábra.

Ujabb Newton-féle reflektor  
Brashear-től.

tükrös reflektor, melyet DESLANDRES a Föld felé közeledő vagy tőle eltávozó csillagok mozgásának lemérésére alkalmaz. Érdekes körülmény, hogy Amerikában egyet sem készítettek e nagy műszerek közül. Az Egyesült Államokban készült legnagyobb reflektorok átmérője 28 hüvelyk (71 cm.). DRAPER HENRIK készítette 1871-ben New-Yorkban és jelenleg a Harvard-csillagvizsgálón használják. Ez idő szerint Amerikában reflektorok szerkesztésével foglalkozik EDGECOMB Mysticben (Connecticut), továbbá BRASHEAR, kinek egyik kisebb alkotását rajzunk ábrázolja.

**A reflektorok és refraktorok összehasonlítása.** — Közepes nagyságú reflektorokon a csiszolt felület elhomályosodása és romlása a legfőbb baj. De ha a tükör nem több, mint egy láb (3 dm.) átmérőjű, ezüst rétegének helyreállítása igen egyszerű. Az újonnan ezüstözött 12 hüvelykes (30 ccentiméteres) tükör annyi fényt gyűjt, mint az ugyanakkora refraktor, mert a visszaverődéskor szenvedett fényvesztéség körülbelül a fénynek a lencsében való elnyeletésével ér fel. A mondottnál nem nagyobb méretű, helyesen csiszolt és újonnan ezüstözött tükrök rendszeren kitűnő szolgálatot tesznek; sőt határozott előnyük, hogy minden színű sugarat egy és ugyanazon gyújtópontban egyesítenek. De 12 hüvelyktől felfelé a tükör elgömbülése oly nehézségeket okoz, melyek a tükör nagyságával rohamosan nőnek. Adhatunk a tükörnek csiszoláskor a műhelyben tökéletes parabolás alakot; mihelyt a távcsőben más és más magasságú csillagokra irányítjuk, a nehézség-erő kiforgatja alakjából. Ennek a következménye az, hogy a valamely csillagból érkező sugarak nem egyetlen pontban egyesülnek, hanem körülé elszóródnak. Minél nagyobb a tükör, annál tetemesebb e hiba, melyet teljesen elhárítani majdnem lehetlenség. Hogy hatása lehetőleg kevésbé legyen érezhető, az üvegtükröknek oly vastagságot kell adni, mely az átmérőnek  $\frac{1}{6}$  része. Ellenben a tárgylencséken, bármily nagyok is, nem tapasztalják, hogy különböző helyzetekbe hozva, saját súlyuk miatt oly alakváltozást szenvednének, mely a keletkezett képek jóságára befolyással lenne; kivétel csak a 40 hüvelykes (101 cm.), melynek képei bizonyos helyzeteiben csekély mértékben eltorzulnak. Azonban nem szabad felednünk, hogy a tárgylencse, ha szintelenítőnek mondják is, nem teljesen az; némely igen nagy refraktoron a fényes képet környező erős kék szegély gyakran komoly akadálya a gyakorlati megfigyelésnek. Egészben véve a refraktort általában jobban szeretik, mint a reflektort; könnyebben beállítható és rendben tartható; és minthogy a csöve zárt, a helyi levegő-áramok káros hatásának kevésbé alávetett. Tény különben, hogy a csillagászati megfigyeléseknek jó háromnegyed részét refraktorokkal végezték.

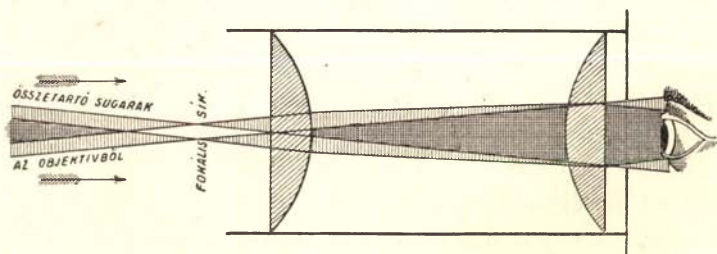
**A nagyító.** — A távcső szemlencsége (okular) nem egyéb, mint nagyító vagy mikroszkóp, melylyel az objektív gyújtópontjában keletkezett képet vizsgálják. Tehát bármely apró domború lencsét is nagyítónak lehetne használni, de ennek látómezeje nagyon is korlátozott volna. Ezért általánosan két laposan domború (planoconvex) lencse összetételét használják



129. ábra.

A fénysugarak útja a negatív (Huygens-féle) okulárban.

oly czélből, hogy a látómező tágabb és a látás minden részében tiszta legyen. A csillagászati nagyító rendszeren két alakban jelenik meg, mint úgynevezett *negatív* vagy *pozitív* okulár. Mindkettőnek van kisebb, a szemhez illesztendő külső, és

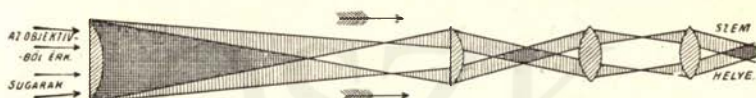


130. ábra

Sugármenet a Ramsden-féle (pozitív) okulárban.

nagyobb, az objektívhez közelebb fekvő belső lencsége. A negatív (feltalálójáról némelykor HUYGENS-félének is nevezett) nagyítón mindkét lencsének lapos felülete fordul a szem felé, mint rajzunkon látható. A pozitív (feltalálójáról RAMSDEN-félének is nevezett) nagyítón mindkét lencse domború felülete egymásfelé van fordítva, mint rajzunkban látható, melyben azonban

a külső lencse kétszeres nagyításban van feltüntetve. A negatív nagyító gyújtópontja a két lencse között van, a pozitív a két lencsén kevéssel túl esik, a tárgylencse felé. Átmeneti műszereken és mikrometereken mindig pozitív nagyítót használunk. A kétféle nagyító közül magában egyik sem fordítja meg a képet, de bármelyik fordítva mutatja az objektívvel kapcsolatosan; az objektív ugyanis maga okozza a megfordítást, mert a rajta áthaladó sugarak keresztezik egymást. Földi távcsövön, bár tárgylencséje ugyanoly alakú, egyenes képeket látunk. E czélból a megfordított helyzetű képet újból meg kell fordítani, és ezt — mint rajzunkból látható — úgy érik el, hogy a nagyítót nem két, hanem négy lencséből állítják össze. Ugyanazon objektívvel kapcsolatban különböző nagyítású okulárokat szokás használni. A távcsőre illesztés gyűrűvel, beállít-



131. ábra.

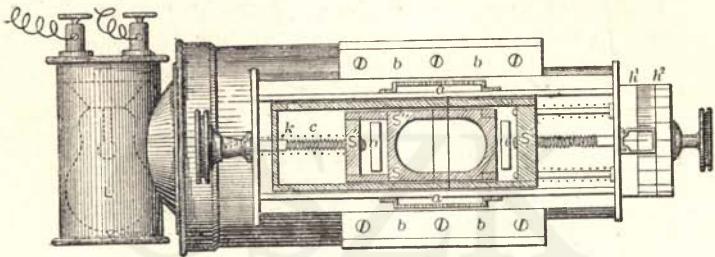
Sugármenet a földi vagy egyenesítő távcsövben.

tása az okulárcső be- és kitolásával történik. Ugyanazon nagyító úgy reflektorhoz, mint refraktorhoz használható.

**A nagyítás meghatározása.** — Ennek egyik könnyű módszere a következő: Válaszszunk ki alkalmas, meglehetősen szabályosan osztott tárgyat, például zsindey-burkolatot, téglafalat, vagy — a mi legjobb — ónlemezekkel fedett háztetőt. Midőn a napsugarak ferdén esnek rája, állítsuk fel a távcsövet lehető távol ugyan, de mégis csak annyira, hogy a lemezek határvonalait szabad szemmel is megolvashassuk. Azután a háztetőre irányozzuk a távcsövet. Egyik szemünkkel a nagyítón keresztül, a másikkal a cső külső oldala mellett a háztetőre nézünk; először csak az egyik szemmel, azután a másikkal, végül mindkét szemmel egyszerre. A nagyítás (a háztetőtől való távolságban) egyszerűen megtudható úgy, hogy megolvassuk, hány szabad szemmel látható vonalköz fér a távcsövön keresztül észlelt közbe. Az ugyanazon egy tárgyhoz

tartozó két kép egymáson látszik és némi gyakorlottsággal a kellő pontossággal végezhetjük a megszámlálást. A jó távcsőhöz rendszeren több nagyítót adnak, melynek nagyítása az objektív nyílás hüvelyk-számának hét- és hetvenszerese (a nyílás minden centiméterjére 25—28-szoros nagyítás) közt váltakozik. Például valamely négy hüvelykes (11 centiméteres) messzelátónak négy nagyítója lesz 25, 90, 200 és 300-szoros nagyításra.

**Apró szögek mérése.** — A mikrometer kicsiny szögek mérésére szolgáló eszköz, mely a távcsőbe, a nagyító helyébe illeszthető. Rajzunkon összes, lényeges részei láthatók. A hosszúkás látómezőt áthidaló két pókhálósál (*aa*) a mérés

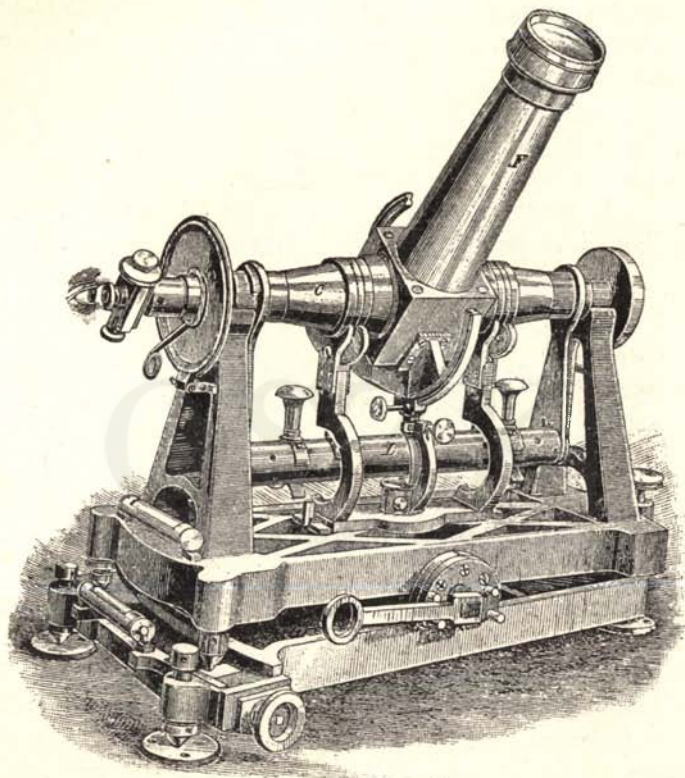


132. ábra.

Modern elektromosan világított mikrometer (Ellery nyomán).

végzésére való. A mikrometer összes részei úgy vannak kieszelve és összeállítva, hogy ama két szál éjjel is sötét látómezőben látható, pontosan és finoman egymáshoz közelíthető vagy egymástól távolítható és pontos helyzetük leolvasható legyen. A legjobb minőségű újabb mikrometeren tetszés szerint úgy a szálak, mint a látómező megvilágíthatók (*L*) apró elektromos izzólámpával. A pókhálósálak külön-külön eltolható kerethez erősítvék és mindegyik keret csavarral mozgatható, melynek feje a mikrometerből kiáll. Az egyik, az úgynevezett mikrometer-csavar, jókora, fokokra osztott dobot ( $h^1 h^2$ ) hord, melyen a csavarfordulatok száma és törtrésze leolvasható. A rajzunkban hiányzó nagyító pozitív és a mikrometer tokjába a mérőszálak elé csavarható. Ha kicsiny ívet, például bolygóátmérőt akarunk mérni, mindenekelőtt beirányozzuk a távcsövet, míg a bolygó korongja a látómező közepére jut.

Majd addig forgatjuk a két csavart, míg a két pókhálósál a korongnak mindkét szélét egyszerre érinti és leolvassuk a csavardobot. Most újból forgatjuk a mikrometercsavart, míg a két szál egybe nem esik, és leolvassuk újból a dob osztását. A két szám különbsége megszorozva az *egy* fordulat-iv értékével



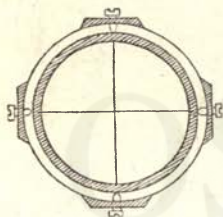
133. ábra.

Modern, kisebb átmeneti cső (Heyde rajza nyomán).

(melyet előzőleg már meg kellett határoznunk), a bolygónak ivmértékben kifejezett átmérőjét adja.

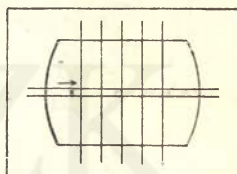
**Az átmeneti műszer.** — Kevéssel a távcső feltalálása után, a XVII. század elején RÖMER dán csillagász kigondolt olyan műszert, mely az idő szabatos meghatározásában majdnem minden más műszert kiszorított. Atmeneti vagy passage-mű-

szernek nevezik, mert vele az égi testeknek a látómezőn való átvonulását észlelik. Rendszeren az észak-délvonalban állítják fel. A két szilárd, felfelé keskenyedő tartón (lásd rajzunkat) csapágyak vannak, melyekben a műszer tengelye forog. Az  $F$  távcső a  $C$  tengelyre merőlegesen van odaerősítve, tehát csapágyaiban forgatva a délkör síkjában mozog. Ez okból némelykor meridián-passagecsőnek is mondják. A rajzunkban feltüntetett kényelmes műszeren a tengely maga a távcső része; a tengelyközépen ülő koczka ugyanis üveghasábot rejt, mely a sugarakat  $C$  üres tengelyen át a rajz balján álló szemhez veti. Ily berendezést „tört távcsőnek“ mondunk. Jó oldala, hogy míg át nem fordítjuk a távcsövet, a szem *egy* helyben marad, akármilyen is a megfigyelt csillag magassága.



134. ábra.

Állítható fonálkereszt.



135. ábra.

Fonálháló átmeneti csőben.

**Átmenetek megfigyelése.** — Legelső teendőnk a műszer pontos beigazítása és mindenekelőtt szintezendő a tengely a függő ( $L$ ) libellával. A látómezőben szálkereszt van, mely némelykor pókhálószalakból, némelykor meg vékony mikroszkópi fedőlemezre gyémánttal karczott finom vonalakból áll. Kisebb műszerekben, a milyeneket pl. térszíni felvételeknél alkalmaznak, a szálak szokásos elrendezése olyan, mint két ábránk mutatja. A szál- vagy mint gyakran nevezik, fonálkereszt pontosan a tárgylencse gyújtósíkjába állítandó. *Collimatio*-vonalon azt az egyenest értjük, mely a tárgylencse középpontjától a fonalak középső átmetszéspontjához húzható; eme vonal a távcső forgási tengelyére pontosan merőlegesre állítható. Végül pedig csillagokon tett többszörös megfigyelések alapján a műszer tengelye pontosan a kelet-nyugat vonalba állítható, a mi az  $Y$  alakú csapágyaknak, illetőleg az egész műszerállványnak a rajzban

lent látható két ezöveknél fogva, észak vagy dél felé való csekély eltolásával érhető el. Ha a beigazítás a leirt módon megtörtént, a táveső, vagy — szabatosabban szólva — a collimatio vonala a délkör síkjában forog. A csillagot úgy figyeljük meg, hogy a látómezőbe nézve, az óra másodperczes ketyegését (ütését) olvassuk és feljegyezzük a másodperczet és tizedrészét, melyben a csillag a fonalkereszt középső függőleges vonalához ér. Rajzunkban látható a függőleges fonalakhoz közeledő csillag. Ha nagyon pontos értéket óhajtunk, mind az öt függőleges vonalon való átvonulás idejét följegyezzük; a középérték a keresett időpontot adja.

**A csillagászati óra.** — Az idő mérésére csillagvizsgálókon kétféle eszközt használunk, ingaórát és chronometert, és egyik, vagy másik időmérő nélkülözhetetlen. Az órának ingája



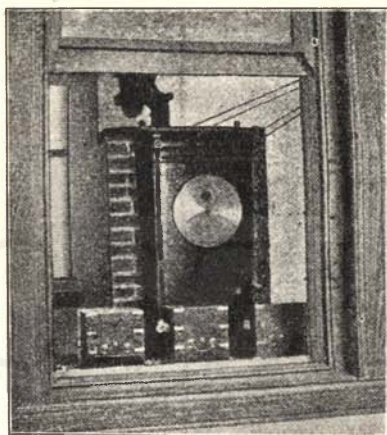
136. ábra.

A collimatio vonala.

másodperczenkint egyet leng; a szerint, hogy ez csillag- vagy középido szerint történik, az óra is csillag- vagy középido jelző óra. A megtett lengéseket másodpercz-mutató számlálja. Óra- és perczmutató is van rajta, miként a közönséges órán és eltérés csak abban mutatkozik, hogy a számlap rendszeren 24 órára van felosztva 12 helyett, mert így kényelmesebb a csillagászati nap óráit jelölni, vagy a csillagok rectascensioját kísérni. Ha bármely pillanatban az óra nem mutatja a pontos időt, a helyes idő és az óraidő különbsége az óra állása. Ezt napról napra, vagy éjjelről éjjelre kell meghatározoznunk, úgy, hogy az égi testek átmenetét délkörrel vagy átmeneti műszerrel figyeljük. Ha az óra nem tart pontosan lépést az égi testekkel, azt mondjuk, hogy járása van. Mint a chronométernél, járason az óra állásának 24 óra alatt való változását értjük. Teteemes járás kényelmetlen ugyan, de nem jelenti szükségképen, hogy rossz az óra. Minél kevésbé változik meg e járás, annál

jobb az óra. A levegő nedvessége és a hőmérséklet hirtelen változása mindennemű óraszerkezet pontos működésére káros. A környezet állapotának egyformaságát, a mennyire lehetséges, úgy biztosítjuk, hogy az ingaórákat és chronometereket — mint rajzunk mutatja — kis, elkülönített szobában tartjuk, hol a levegő szárazon tartható és a hőmérséklet közel állandó.

**Inga és ingaakasz (échappement).** — A horológia<sup>1</sup> vagy óratan egész tudomány, melynek körébe mindaz tartozik, a



137. ábra.

Pillantás a Lick-csillagvizsgáló óratermébe.

mi az időméréshez és ennek mechanikai kiviteléhez szükséges. A chronometert már leirtuk és lerajzoltuk az előbbi fezetben (179. lapon). Az ingaóra pontos járása gépezetének két részétől függ: (a) az ingától és (b) az akasztól. Minden csillagászati és normális óra ingája hőmérsékleti változások ellen ki van egyenlítve, úgy hogy a hő természetes változása lehetőleg csekély hatással van az inga hosszára, tehát lengéstartamára is. A kiegyenlítésnek (compensatio) nagyon sokféle módja van. Rajzunk a legegyszerűbbet mutatja. Az inga aczélrúdja az (árnyékolt) cinkcső közepét foglalja el, melynek alsó részéhez

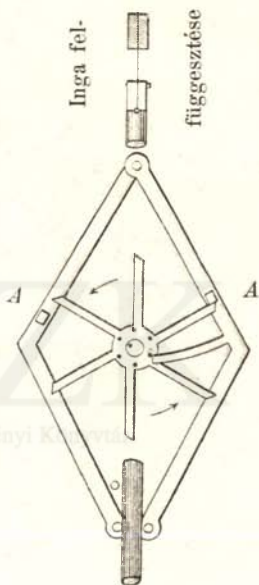
<sup>1</sup> Nálunk elavult műszó, már csak órás mesterséget ismerünk. R.

a súlyos lencsét illesztik. Ha a hőmérséklet emelkedik, az aczélnek lefelé irányuló kiterjedését épen ellensúlyozza a czinknek felfelé való kiterjedése; így a lengési középpontnak a felfüggesztési ponttól való távolsága változatlan marad. Lengési középponton értjük az ingának azt a pontját, melyre vonatkozólag, ha benne egész tömegét egyesítve gondoljuk, a lengési idő ugyanaz marad. A rostély- és a kénesőinga a kiegyenlítésnek



138. ábra.

Inga kompenzáció-rácsesal.

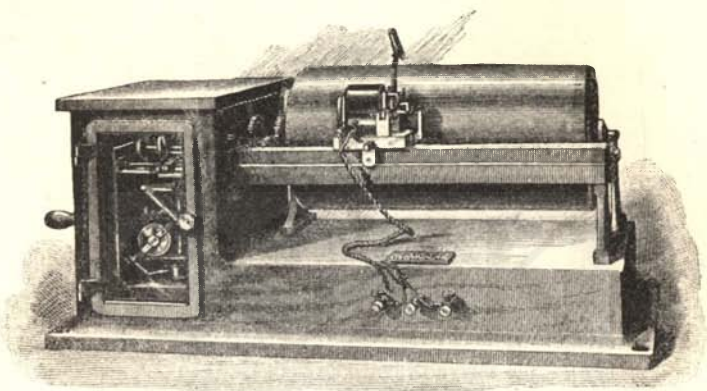


139. ábra.

Nehézégi ingaakasz.

más nemei. Az inga után legfontosabb az akasz-szerkezet. Vázlatban bemutatjuk egyik legjobb alakját. Súlyakasznak lehetne nevezni, mert az ingát két nehéz kar váltakozó nyomása tartja mozgásban; e karokat az akasz kerékagyában levő hat peczek oldalt löki. A karokat az ingarúdról az óramű emeli, úgy hogy az inga majdnem egészen szabadon leng; más munkát nem kell végeznie, mint hogy a karokat épen csak annyira emelje, hogy az akasz a simára csiszolt AA drágaköveken elcsúszhasson.

**A chronográf.** — Az égi testek átmenetének feljegyzését legkényelmesebben, gyorsan és szabatosan végzi a chronográf, oly mechanikai eszköz, melyet 1850 körül amerikai csillagászok eszeltek ki és melyet most minden csillagvizsgáló használ. Rajzunk e műszernek egy kiváló képviselőjét tünteti fel. A chronográfnak körülbelül 20 centiméter átmérőjű és 40 cm. hosszúságú hengere van, mely állandó sebességgel percenként egyet fordul. Be van vonva tiszta papiros lappal, melyen elektromágnesre erősített toll vonalat húz. De az inga minden lengésekor elektromos áramot zár, mely a tollat minden másod-



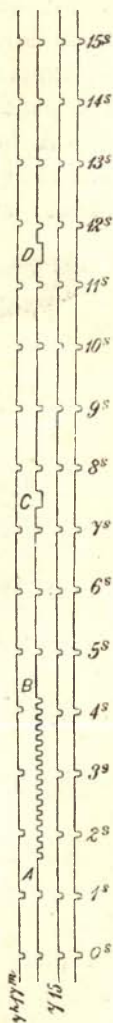
140. ábra.

Modern chronográf (Warner és Swasey műve).

perc kezdeten néhány milliméterrel felfelé rántja. Képünk a chronográf jelzésének egy kis részét teljes nagyságban mutatja. A mint a henger tengelye körül forog, hossza irányában eltolódik a tollat tartó kis kocsi, minek következtében a toll rajza a henger körül haladó folytonos csavarvonal, mely minden körforgásban 60 megszakítást tüntet fel. Az elektromágnes áramkörébe kis elektromos gomb, úgynevezett kulcs van kapcsolva, melyet a megfigyelő, mialatt a csillag a látómezőben van, kezében tart. Mikor a csillag a szálak egyikén táhalad, a kulcsnak egy nyomása automatásan feljegyzi a pillanatot a papírlapra, mely aztán eltávolítható és kényelmesen leolvasható. A mint rajzunkból kitűnik, a másodperc tizedrészeit is könnyen megbecsülhetni, leolvadó skála nélkül is.

A szabályos közökben következő töréseket az óra idézi elő automatásan, a sűrű jeleket *A* és *B* között gyors egymásutánban a megfigyelő adta figyelmeztetésül, hogy valamely csillag épen a fonalak felé közeledik. A csillagnak az első két szálon való átmenete *C*-nél (7 ó. 16 p. 7.4 mp.) és *D*-nél (7 ó. 16 p. 11.4 mp.) van feljegyezve; a leolvasás minden esetben a törés megelőző (alsó) vonalára vonatkozik. Ha gyakorlott észlelő tiz csillagnak egyenkint öt fonalon való átmenetét jelzi, órájának állását két vagy három századmásodperc pontossággal határozhatja meg. Újabb időben HOUGH nyomtató chronográfot szerkesztett, mely az időt számokkal jegyzi papírlapra.

**Személyi hiba.** — Kevés észlelő (még a leggyakorlottabb is ritkán) nyomja meg a kulcsot épen abban a pillanatban, mikor a csillag a fonalon átvonul. A legtöbb ember akkor jelez, mikor az átmenet már megtörtént; némelyek azonban a másodperc egy kis részével hamarabb nyomják meg a kulcsot, még mielőtt a csillag a szálhoz ért. Nem lényeges, hogy mennyi az elsietés vagy elkésés ideje, mert a különbség a gyakorlati csillagász által jól ismert módon rendszerint meghatározható; de a jó észlelőt az jellemzi, hogy nála ez a különbség változatlan, a mit úgy fejeznek ki, hogy az illetőnek személyi hibája állandó mennyiség. Az észlelő személyi hibáján<sup>1</sup> értjük azt a különbséget, mely valamely tűnemény feljegyzése s maga a tűnemény között mutatkozik. Az égi testek átmenetének megfigyelésében a legtöbb észlelő személyi hibája 1—2 tizedmásodperczre rug. E hiba meghatározására külön gépünk van (személyi hibamérő), mely egy és ugyanazon chronográf papírlapra valamely csillagátmenetnek úgy észlelt, mint tényleges pillanatját feljegyzi. Ilyen gép rajzát is bemutatjuk. A jobboldali lámpa fénye mesterséges



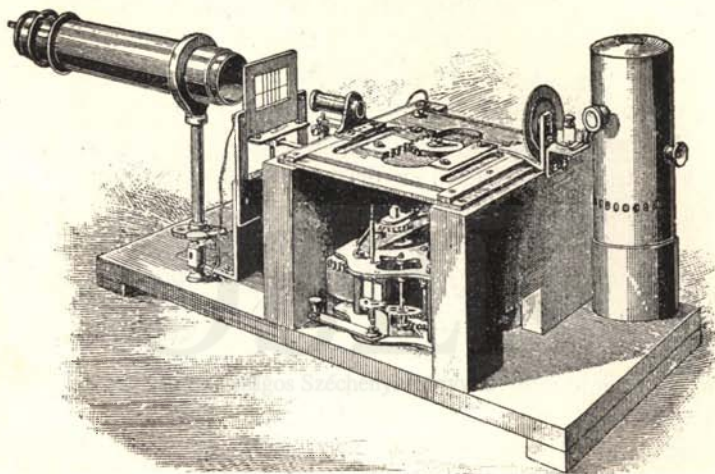
141. ábra.

A chronográf feljegyzései.

<sup>1</sup> Mely nem csupán időjelzésekre szorítkozik.

csillagot hoz létre, mely az óramű mozgása következtében a bal oldalon levő megfigyelési csővel szemben álló fonalakon végig vonul. Abszolút idő az olyan, mely a személyi hiba miatt javítva van. Erre különösen akkor van szükség, midőn elektromos telegráf segítségével a földrajzi hosszúságot akarjuk pontosan meghatározni.

**A fotochronográf.** — Minthogy fotografiai feljegyzésekben az egyéni befolyás szülte hibák rendszerint teljesen hiányzanak, számos kísérletet végeztek a csillagátmenetek foto-

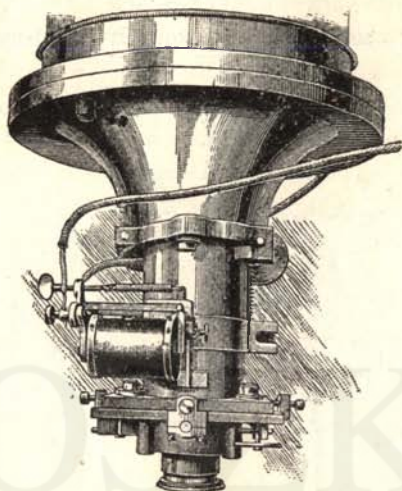


142. ábra.

Készülék a személyi egyenlítés meghatározására (Eastman nyomán).

grafiai jelzésére. Az erre szolgáló műszer, melynek fotochronográf a neve, egyben nagyítót és chronográfot pótol. A leleményes kis műszernek íme a rajza. Ha a fotográflemez az átmeneti műszer gyújtósíkjában helyezük el, a negatív képen, a látómezőn átvonult csillag finom sötét vonalat vagy nyomot hagy, mely a lemezt vízszintesen keresztezi nyugatkeleti irányban. A tárgylencse elé néhány másodperczig lámpát tartva, a látómező fonalkeresztje is lerajzolódik ugyanazon lemezen. Szert tettünk tehát abszolút feljegyzésre a csillagnak a látómezőn és a fonalak mögött elhaladó útjáról; de semmit sem fogunk tudni arról, hogy mely időben szelte a csillag az

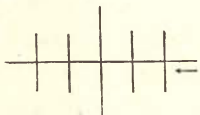
egyes szálakat. Már most a lemezt ne erősítsük oda, hanem kis keretbe foglaljuk, mely elektromágnes segítségével automatásan észak-déli irányban néhány milliméternyire eltolható. Az elektromágnezt alkalmas óra-áramkörbe iktatjuk úgy, mint előbb a chronográf írószerkezetét. Rendes, csillagátvonulást



Országos 143. ábra. Könyvtár

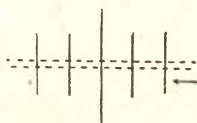
Fotochronográf (Fargis-Saegmüller nyomán).

jelző vízszintes nyom helyett (144. ábra), a lemezen a kép előidézése után megszakított csillagnyom fog látszani, mint a 145. ábrában.



144. ábra.

Rendes csillag-nyom.



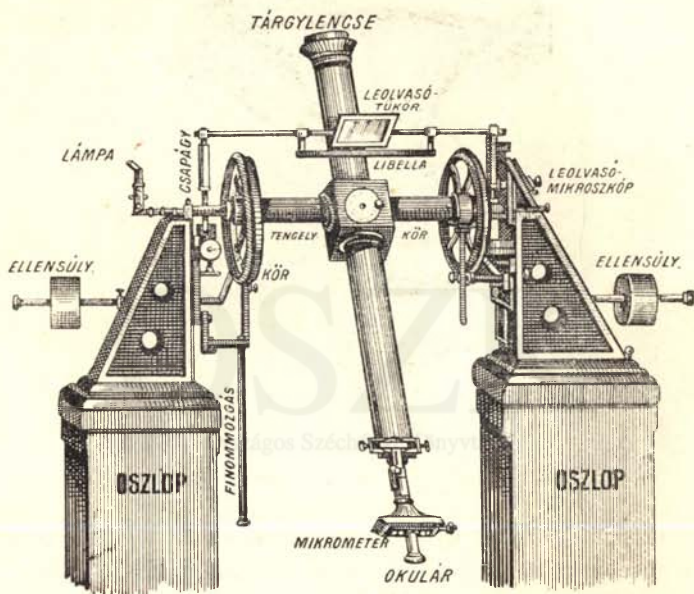
145. ábra.

Megszakított csillag-nyom.

Könnyű meghatározni, mely másodperc felel meg a nyom minden egyes vonalkájának, és így nagyítóüveget használva, személyi hibától majdnem teljesen menten meghatározható a másodpercnek törtrésze is, melyben a fonalkereszt vonalai keresztelték a nyomot. A fotochronográfnek egy másik alak-

ján a lemez mozdulatlan és fényfogó ernyő védi; de az elektromágnes minden másodpercz végén pillanatra utat nyit a csillag fényének, úgy hogy összefüggő csillagnyom helyett egyenlő távolságú pontok sorozata látható.

**A délkör.** — A délkör (meridián-kör) oly műszer, mely az égi testek egyenes emelkedésének és elhajlásának mérésére való. Két szilárdan alapozott, a kelet-nyugot irányban



146. ábra.

Meridián-kör.

elhelyezett oszlopon nyugszik, Y alakú csapágyakban, melyekben gondosan hengeralakra csiszolt tengelycsapjai forognak. E csapokon, melyek az erős tengely végét teszik, pontos és érzékeny libella van. Magát a tengelyt két henger vagy kúp alkotja, mely középtűt a távcső felvételére koczkát hord. A távcső merőlegesen áll a tengelyen és vele szilárdan van összekötve. A cső mindkét oldalán, szintén merőlegesen a tengelyre igen finoman osztott kör foglal helyet. A körök, a tengely, távcső és a csapok mind együtt forognak a tengely-

ágyakban, mintha minden együttvéve egy szilárd szerkezet volna. A finom tengelyágyakra nehezedő nagy terhet ellensúlyok kisebbitik. A jobb oszlophoz szilárdan erősített mikroszkópokon pontosan leolvasható a kör beosztása. Ez osztás zéró-pontját rendszeren úgy határozzuk meg, hogy kénesővel telt tálat helyezve a műszer alá, a távcsövet vízszintes tükrére irányítjuk. Ha a látómezőben pontosan fedik egymást a vízszintes szálak és a kénesőről visszavert képek, leolvassuk a kör állását, mely ez esetben, minthogy a látás vonala pontosan függőlegesen áll, az osztás kezdőpontja. E műveletet röviden nadir-beállításnak nevezzük. A hely szélességét ismerve, megállapíthatjuk a sarknak vagy aequatornak megfelelő kör leolvasást is, és így bármely csillag elhajlása is meghatá-



147. ábra.

A Loewy-féle könyöktávcső.

rozható. A meridiánkört gyakran átmeneti körnek is nevezik; vele az egyenes emelkedést épen úgy határozzuk meg, mint a már előbb leirt egyszerűbb átmeneti csővel.

**A könyök-aequatoreal.** — A refraktornak és reflektornak igen jó és czélszerű összetétele a T alakú vagy könyök távcső (equatorial coudé). Feltalálója LOEWY, a párisi csillagvizsgáló jelenlegi igazgatója.<sup>1</sup> E műszer igen el van terjedve a franciaországi csillagvizsgálókon,<sup>2</sup> habár az Egyesült Államokban még egyet sem találhatni. Legfőbb jó tulajdonsága, hogy a műszer maga, mint rajzunkból látható, majdnem egészen a szabadban van, míg az észlelő változatlan helyzetben ül, mintha asztalon mikroszkóppal volna dolga. A nagyító tehát

<sup>1</sup> Szül. Bazinban, Pozsonymegyében 1833-ban.

R.

<sup>2</sup> A bécsi csillagvizsgálón is van Rothschild báró ajándékából.

R.

télen is kellő hőmérsékletre fűthető szobában van. A műszer könnyen és gyorsan kezelhető, és különösen spektroszkópok és kamarák kényelmesen illeszthetők reá. A Hold pompás fotografiái a 11. és 271. lapon e távcsövön készültek. Legnagyobb hibája a két sík tükréről való visszaverődés okozta fényvesztés. Ez a két tükör az optikai tengelyre 45 fok szögre, a sark tengely alsó végénél, a szolgálattelvő egyén közelében látható két koczkában van elhelyezve. A tárgylencse a jobb oldali koczka alsó oldalába van illesztve. Ez a koczka a benne levő tükörrel és lencsével együtt az alsó cső tengelye körül forgatható és így a declinatio tengelyt alkotja. A középső koczka alatt van a sark tengely alsó csapja. Sark tengelyül maga a hosszú, ferde állású cső szolgál, melynek felső tengelyágya a nagyító közelében van. Hatalmas óramű hajtja az egész műszert, hogy a csillagokat követhesse és a felső koczkát a declinatio tengely alsó végén lévő nagy tömeg ellensúlyozza. A könyöktávcső beszerzési ára körülbelül kétszer akkora, mint a parallaktikus távcsőé, de a kupola építésével járó nagy kiadás javarésze megtakarítható, mert amaz könnyű szerkezetű, sineken félretolható hajlékban állhat, mint rajzunkon is látható.

**Hamis nézetek a távcsőről.** — Talán egy kérdést sem intéznek a nem egészen jól értesült egyének annyiszor a csillagászhoz, mint ezt: Milyen messzire lát távcsövével? Nyilvánvaló, hogy erre kielégítő feleletet nem adhatni, mert minden azon fordul, hogy mit akar az ember látni. Ha földi távolságról van szó, az óriási távcső nem jár oly haszonnal, mely nagyságával arányban állna. Minden földi tárgyat a légkör alsóbb rétegein át kell vizsgálni s ilyen helyen nappal a keveredő meleg és hideg légáramok oly zavart szülnek, hogy az óriási távcsövek nagyító képességének nem nagy hasznát vehetjük. Ha a felvetett kérdés égi távolságokra vonatkozik, végleges feleletet nem adhatunk, mert a távcső segélyével mindenhová ellátunk, a honnan csillagfény egyáltalán érkezik. Minél fényesebb a csillag, annál nagyobb távolságból látható, még pedig a távcsőtől függetlenül. A legkisebb távcsövel is oly távoli csillagok tárulnak szemünk elé, hogy azoktól csak évszázadok leteltével érkezhetik a fény hozzánk. Minél

nagyobb a távcső, annál gyengébb fényű csillag is látható vele; de már nem tudhatjuk, hogy a gyengébb fény a nagyobb távolságnak, vagy egyszerűen annak következménye, hogy a csillag kisebb terjedelmű, vagy kisebb világító erejű. Egy másik igen gyakori kérdés ez: Hányszoros az ön távcsövének nagyítása? Mintha csak *egy* nagyítója volna! Rendszerint több nagyító használatos, a szerint, hogy milyen a légkör állapota és a vizsgált tárgy természete. Már nagyobb értelemre vall az a kérdés, hogy mekkora a nagyítás határa? Sohasem lehet több, mint százszoros a tárgylencse minden hüvelyke után, sőt átlag hüvelykenként a 70-szeres már maximum.<sup>1</sup> Azonban ennyi is sok, ha valóban hasznavehető nagyításra gondolunk. A légkör állapota az Egyesült Államok keleti felében oly kevésbé zavartalan, hogy hüvelykenként ötven-szeres nagyításnál többet csak ritkán alkalmazhatni a bolygók vizsgálása alkalmával.<sup>2</sup>

**Égi fotografiák.** — Mihelyt DAGUERRE 1839-ben feltalálta a fotografiát, azonnal átlátták, hogy a nagyobb fényű égi testek is fotografozhatók, mert képeiket épen úgy alkotja a távcső, mint valamely személy, épület vagy tájék képét a kamara. A fotografia egyszerűen a kép állandósításának művelete. A Hold első fotografiája 1840-ben készült, csillagot először 1850-ben fotografoztak; 1854-ben napfogyatkozást, 1872-ben csillagspektrumot, 1880-ban ködfoltot, 1881-ben üstököst, 1897-ben meteor spektrumát és 1898-ban a Hold okozta csillagfödést sikerült fotografozni és minden új lépést e téren mindig Amerika tett. A fotografiai eljárások folytonos tökéletesítésével lehetővé vált mind gyengébb fényű égi testek képeit kapni; nagyobb távcsövek szerfelett gyenge fényű csillagok fotografiáit szolgáltatták, olyanokét, melyeket az emberi szem sohasem látott, talán sohasem láthat. Elérjük ezt azzal, hogy az érzékeny lemezt ily testek fényének sok óráig tesszük ki; mert míg az emberi szem, ha merőn nézünk,

<sup>1</sup> A nagyítás abszolút határa tehát minden centiméter nyílás után 39-szeres, de rendszeren 28-szoros nagyításnál sem mehetünk túl. R.

<sup>2</sup> A légköri viszonyok az ó-gyallai csillagvizsgálón is kiválóan rosszak. R.

már körülbelül 10 másodperc alatt elfárad, a gyenge fény-sugaraknak a lemezre való hatása összegeződik, úgy hogy több órai felvétel eredménye az előhívott képben könnyen láthatóvá tehető. Ily módon különösen érzékeny száraz lemezek, minőket általánosan szokás használni, gyakran sok ezer teleszkópi csillagot jeleznek oly táján az égnek, hol pusztá szemmel csak egy csillagot látunk. (L. 316. ábra.) Annyira általánosan alkalmazható a fotografia az ég tanulmányozásában, hogy segítségével a csillagászatnak majdnem minden ágában haladás történt.

**Az égi testek fotografozásának módja.** — Bármely jó távcső vagy kamara czélszerűen használható égi testek fotográfiáinak készítésére. Eltávolítjuk a nagyítót s helyére apró, fénymentesen záró lemeztartót teszünk. Ezt csak ideiglenesen illesztjük a csőre, úgy, hogy a lemez a tárgylencse gyújtópontjában legyen. Ezt a pontot olajos vagy paraffinfoltos papírdarabbal keressük meg, melyet előre vagy hátra mozgatunk, míg a Hold képe élesen nem jelenik meg. A lemeztartót és a keresőt úgy igazítsuk be, hogy a mely tárgy a kereső látómezejében van, az a lemez közepén is legyen. Most lemezt helyezünk a tartóba és a Holdról, negyede körül két-három napon belül félmásodperczig tartó felvételt csinálunk. Jó, ha a tárgylencse nyílását diafragmával, környílású ernyővel eredeti nagyságának körülbelül három ötödére leszorítjuk. A Hold képe előhívás után általában kissé elmosódott lesz. Ez nagyrészt onnan van, hogy a fotografozásra legalkalmasabb gyújtópont az olajos papírral talált optikai gyújtóponton innen vagy túl van. Hogy a kellő távolságot megtaláljuk, a lemeztartót fokozatosan eltávolítjuk a lencsétől 6, 12, 18, 24 milliméternyire, minden egyes helyzetben épen akkora tartamú felvételt csinálva, mint előbb. Azután összehasonlítjuk a negatív képeket. A fotografiai gyújtópont azon pontnak közelében van, a hol a legélesebb képet kaptuk. Ha szükséges, a próbálást folytathatjuk e pont közelében, mindannyiszor már csak negyed milliméternyit változtatva a lemez helyzetén. Ha a képek a tárgylencsétől távozva jobban mosódnak el, a fotografiai gyújtópont az először talált optikai gyújtóponttávolságon belül fekszik és ennek megfelelően közelíteni kell a lemeztartót a

lencséhez, különböző pontokon újból próbafelvételeket készítve. Ha már ráakadtunk a kellő távolságra, a lemeztartót véglegesen rácsavarjuk a kihúzó csőre és alkalmas jelzéssel gondoskodunk róla, hogy a lemeztartót későbbben is hamarosan lehessen újból beállítani. Némelykor megfelelő görbületű meniscust, javító lencsét illesztenek a tárgylencse elé, a fotografiai sugaraknak egy pontba való gyűjtése czéljából (e gyűjtőpont az optikainál körülbelül  $\frac{1}{7}$ -del fekszik közelebb a tárgylencséhez). Különben E. C. PICKERING úgy tapasztalta, hogy kellő alakú crown üveglencsével ellátott szintelenítő objektív a lencse megfordításával fotografozó távcsővé változik. Az új jenai üvegből való szintelenítő lencséken az optikai és a fotografiai gyűjtőpont helyzetei között nincsen észrevehető különbség.

**Csillagászati felfedezések fotográfia segítségével.** — Mily nagy hasznát veheti a csillagász új felfedezésekre is a fotográfia alkalmazásának: az 1882-iki teljes napfogyatkozásakor Egyiptomban tapasztalták először, midőn a fotografus lemezén a Naphoz igen közel álló üstökös mutatkozott (210. ábra). De fokozódott az érdeklődés, midőn a *Fiasztyúk* (Plejádok) *Maia* nevű csillaga körül ködszerű fény látzott oly lemezen, mely 1885 novemberében e csillagcsoport felvétele végett körülbelül egy óráig volt kitéve. Ezt a fotográfia útján tett felfedezést nemsokára igazolták az oroszországi pulkowai, harmincz hüvelykes távcsővel. Sok más, úgy kicsiny, mint nagy ködfoltra akadtak azóta a fotográfia útján; némelyiket azután szemmel is<sup>1</sup> lehetett látni. Csillagszinképek fotográfiáin azonnal feltűntek alkatbeli sajátságok, melyek feltalálásán a pusztá szem hiába fáradozott (306. ábra). Ezen az úton több új kettőscsillagot találtak és a csillagok osztályozása tekintetében fontos felfedezésekre adott módot a csillagspektrumok fotográfiáinak kritikai tanulmányozása (306. és 314. ábrák). Üstökösöknek hosszútartamú felvétele szerkezetök oly részleteit derítette ki, melyeket pusztá szemmel föl nem fedeztek volna (288. ábra). A kisebb bolygók

<sup>1</sup> A fotografiai megfigyeléstől megkülönböztetjük a visuális, szemmel tett észlelést.

felfedezésében a fotográfia 1890 óta állandóan segítségünkre volt, mert egy csapással kényelmesen és pontosan rajzolja ezen apró égi testek közelében levő álló csillagok térképét. Legalább húszszor könnyebb az apró bolygónak a fotografus lemezén való felkutatása, mintha a régi módon optikailag vennők fel a látómező térképét. De a legfontosabb fotografiai felfedezések mégis a Nap fizikája terén történtek, mert így tudtuk meg, hogy a fáklyák vagy fehér foltok a Nap egész tányerán végig húzódnak, körülbelül ugyanazon zónákban, melyekben a közönséges foltok vannak (184. ábra); és a Nap chromoszférájának és protuberantiáinak fotografiai feljegyzéseit nagy pontossággal végzik most már nap-nap után oly sugárnemek segítségével, melyek iránt a fotografus lemeze igen érzékeny, de melyeket a magára hagyott szem nem pillanthat meg. A Hold fotografiáiról is gondolja némely csillagász, hogy oly apró részleteket tártak fel, melyek felfedezése pusztán szemmel nem sikerült.

Most arra fordítjuk figyelmünket, hogy az imént tanulmányozott műszerek segítségével Földünk kísérőjéről és az ég más és távolabbi világairól a mai napig milyen ismereteket szerezhettünk.

---

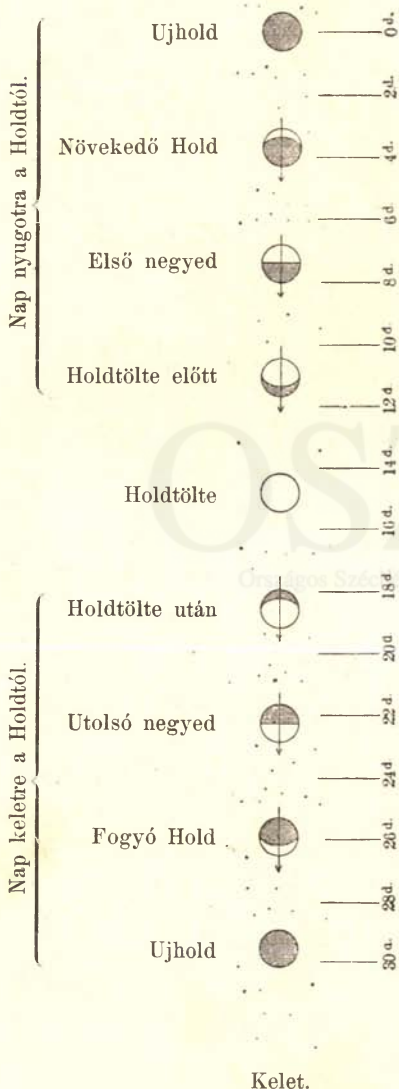
## X. FEJEZET.

### A HOLD.

A Hold már a legrégebb csillagászati megfigyeléseknek tárgya volt, mert mozgásának elemi eszközökkel való tanulmányozása könnyűnek és hasznosnak bizonyult. Telő és fogyó fényváltozásai (fázisai) is nagy mértékben hathattak a régi népek kíváncsiságára, a melyek még az ily egyszerű tüneménynek sem ismerték igazi magyarázatát. Mi most éjről-éjre fogjuk kísérni mellékbolygónkat, és már néhány estén át folytatott megfigyelés megmutatja, mily könnyű a Föld körül való mozgásának főbb vonásait felismerni.

**A Hold mozgásának megfigyelése.** — Ha szeptemberben mutatkozik először délnyugaton az újhold, körülbelül öt nap lefolyása alatt legnagyobb déli elhajlását éri el és a délkörben lehetőleg mélyen delel. Innen kezdve körülbelül két hétig minden következő éjjel jobban észak felé találjuk, egyidejűleg pedig kelet felé is halad és nagyjában az ekliptikát követi. A következő két hét folyamában ismét délnek veszi útját, de mindig az állatövön belül marad és egy hónapnál valamivel kisebb idő alatt igen megközelítőleg ismét ahhoz a ponthoz tér vissza, a hol megfigyelni kezdtük. Így folyik ez tovább minden időn át, oly szabályossággal, melynek nagy hasznát vették a hajdani népek az idő mérésében; mert a mi hónapunk (holdnap) a Holdnak a Föld körüli időszakos keringéséből vette eredetét és nevét. De a jelenkorban még fontosabb a Hold mozgása, mert hosszú tengeri utakon a hajósok

ennek segítségével határozzák meg a hajó helyzetét. E tekintetben valóban annyira fontos, hogy mozgása tanulmányozásának elméleti nagy csillagászok majdnem egész életüket szentelték. A kutatás e terén Amerikában is kitűnt NEWCOMB és G. W. HILL.<sup>1</sup> — Mihelyt az újhold a nyugati égen megpillantható, készítsük az állatövön belül keletre fekvő fényesebb csillagok hosszú, keskeny térképét, mint rajzunk jelzi. Ennek irányát eléggé pontosan az a vonal mutatja, melyet a holdsarló két szarvát összekötő vonalra mérőlegesen kelet felé húzhatunk. Majd térképünk csillagjai közé rajzoljuk a Holdat és fényalakját, lehetőleg pontosan, minden derült éjjel. Czélszerű, ha a Hold állását minden következő éjjel egy-egy félórával később rajzoljuk. A megfigyeléseknek ez egyszerű sorozatát három hétig is folytathatjuk, ha kívánatos. Nagyon sok



148. ábra. A Hold kelet felé tartó útja a csillagok között egy hónapon belül.

<sup>1</sup> Európában régebben TOBIAS MAYER, majd HANSEN, STONE és DELAUNAY.

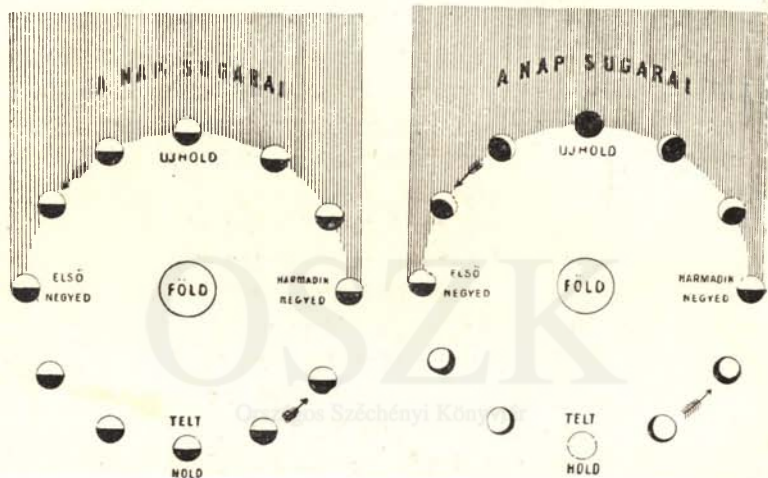
tanulság merithető belőle; megismerkedünk az ekliptika fekvésével, a Hold egymásután következő fényváltozásaival; megtudjuk, hogy mekkora utat tesz naponta (óránként ez út akkora, mint a holdtányér átmérője, egy nap alatt  $13^0$ ) és távcsövet használva az észlelő fáradságát alkalmilag az is jutalmazza, hogy módja van látni egy-egy csillagfödést, azaz a Holdnak elvonulását a csillagok előtt. Ha ráillik valamely természeti jelenségre e kifejezés, hogy pillanat műve, a csillag eltűnése a Holdnak sötét széle mögött kiválóan az.

**A fényhatár.** — Figyeljük meg a vékony holdsarlót, mihelyt nyugaton a sötét égboltozaton láthatóvá válik. A fényes holdsarló belső széle, vagyis az a vonal, mely a Holdnak sötét, vagy csak gyengefényű részét a megvilágított résztől elválasztja, a fényhatár (terminator); görbülete mindig fél ellipszis, soha nem félkör.

A fényhatár azért ellipszis alakú, mert oldalt nézett félkör. Minden kör, melyre nem merőlegesen nézünk, ellipszis alakúnak tűnik fel és minél ferdebb helyzetű, annál laposabb, nyújtottabb ellipszisnek látszik. Nézzük csak, ha egyet fordulunk a kerékpáron, milyen árnyékot vetnek kerekei a napfényben. Minthogy a Hold felületén hegyek vannak, a távcsövel vizsgált fényhatár mindig tört, csorba vonal. Ez azért van, mert a napsugár ferdén éri érdes felszínét, kirívóbbá teszi minden egyenlőtenségét, mintha csak nagyítva volna; egészen úgy láttatja az országút kavicsait és kerékvágásait a távoli elektromos ivfény is.

**A Hold fényváltozása.** — Utazók és pásztorok a Hold fényváltozásán (fázis) mérhették legelőbb az időt. Ha két vagy három nappal újhold után Földünk kísérője a nyugati égen megpillantható, alakja sarló, melynek domborúsága nyugat, vagyis a Nap felé, szarvai kelet felé fordulnak. Ha három-négy nappal később, a karcsú sarló mindinkább erősödött és fényhatárának görbülete is csökkent, a Hold első negyedébe (quadratura) lép, alakja félkorong és fényhatára ekkor egyenes vonal, a körnek átmérője. Negyedén túl a fényhatár ellenkező irányban kezd görbülni, a mi a Holdnak némileg rugólabda alakot kölcsönöz: egyik széle kör-, a másik, keleti széle, a mely egyszersmind a fényhatár, ellipszis alakú. Ennek

görbülete és vele a Hold tányérja fokozatosan nő, a míg körülbelül egy héttel az első negyed után a holdtöltének nevezett fényalak áll be. Az első negyed és holdtölte között a Hold hosszúkás alakú volt, mintegy púpos. Holdtölte után körülbelül egy hétig ismét púpos, de fényhatára most már helyet cserélt, a tányérnak nem keleti, hanem nyugati oldalán látszik. Erre ismét negyed következik és a Hold megint félkör, mely azonban most kelet felé fordul, nem többé nyugat-



A Hold fényváltozása pályájának pólusából nézve.

Megfelelő fényalakok a Földről nézve.

149. ábra.

A Hold fényváltozásának magyarázata.

nak. Ez alakban utolsó (harmadik) negyed néven ismerjük. A következő hét folyamában a holdujságig alakja ismét sarló; de a Hold kelet, vagyis a Nap felé görbül és szarvai nyugat felé mutatnak. A rajzunkban látható összes alakok — sarló, negyed, púpos hold, telt hold a fényváltozásokat tüntetik elő.

**A Hold fényváltozásának oka.** — Földünk kísérője magában sötét, átlátszatlan test. De a Nap felé fordított fele mindig meg van világítva, mint előbbi rajzunkból látható; a Naptól elfordított felerésze sötét marad és azért rendszerint nem látható. Mialatt a Hold egyszer teljesen körüljárja a

Földet, megvilágított felének különböző részei fordulnak felénk és ez okozza a Hold fényváltozását.

A jelenséget egyszerűen szemléltethetjük: Narancsnak hámozzuk le pontosan a felét. Különben sötét szobának egyik szögletében lámpát gyújtunk, mely a Napot képviselje. A lámpától kellő távolságban felállunk, fejük a Földet, a karhosszra tartott narancs, melynek lehámozott fele a lámpa felé for-



150. ábra.

A Hold fényváltozásának utánzása.

ditandó, a Holdat ábrázolhatja. Most a narancsot függőleges tengelye körül forgatva, úgy hogy meghámozott fele egész terjedelmében a lámpával szemben álljon, lassan balra sarkon forduljunk és folyvást a narancs fehér felére szegezzük tekintetünket; változó alakja a Holdnak valamennyi egymásután következő fényváltozását fogja elénk tüntetni: újholdat, ha a narancs szemünk és a lámpa között van; első negyed (félhold), ha a narancs a lámpától balra és 90 foknyira van; holdtöltét,

ha a narancs épen szemben van a lámpával; utolsó negyedet, ha a narancs az első negyedbeli állásnak ellenkezőjében van. Midőn a narancs vékony sarlót mutat, teléskor ép úgy, mint fogyáskor, ernyővel védjük szemünket a lámpa fényétől és végezzük a kísérletet, újból figyelve már most a fényhatárnak a fényváltozással járó változó görbületére. A narancs hámozatlan fele jó fogalmat nyújt még a Hold hamúsürke fényéről is, melyet a Föld vet reá, mikor még vékony sarlót mutat.

**A Föld fénye.** — A Hold éjszakáit megvilágítja a szomszédos Földről visszaverődő fény, melynek ereje több, mint tizenkét teljes-holdéval ér fel. Gyenge fény mellett látjuk a Holdnak különben sötét korongját, a mint a keskeny sarlót kitölti, mintha a holdnappalnak első ragyogása magához ölelné a holdnak éjjelét.<sup>1</sup> Hasonló jelenség tapasztalható a Hold fogyásakor is.

Hogy rézszínű a Holdnak földvilágította oldala,<sup>2</sup> ez azért van, mert a Föld fénye kétszer hatolt át a légkörön, mielőtt a Holdhoz ért, a légkörnek pedig az a sajátsága, hogy elnyeli a kék sugarakat, míg a vörös színűeket átbocsátja. A Hold eme részének fázisa mindig kiegészítője a világos rész fázisának és alakja egyszersmind az, a melyet a megvilágított Föld a Holdról nézve mutatna.

**A Holdnak mozgása észak és dél felé.** — Valamint a Nap hol észak, hol dél felé mozog az esztendő bizonyos szakában, úgy a Holdnak is, minthogy nagyjában az ekliptika irányát követi, van hasonló mozgása körülbelül egyhavi időköz alatt. Mindenki figyelte már, hogy nyár derekán a telthold jó mélyen halad át a délkörön, míg tél derekán mindenkor magasan delel.

Ennek oka az, hogy a telthold mindig közel 180 foknyira van a Naptól. Hasonlókép tél derekán a holdsarló, akár nő, akár fogy, mindig mélyen lent, nyár derekán pedig magasan fent szeli a délkört. Ha tehát nyáron kora esti órában északnyugaton látjuk az újholdat, tudhatjuk, hogy télen kora reggeli órában délkeleten kell keresnünk a régi Hold vékony

<sup>1</sup> Az angol költő szerint: „the old moon in the new moon's arms“. A magyar nem nevezvén aggottnak a fogyó holdat, ily módon kellett értelmileg is helyesen lefordítani e sort. R.

<sup>2</sup> Különösen teljes holdfogyatkozások alkalmával. R.

sarlóját. Tartsuk eszünkben, hogy Földünk kíséroe a hold-  
 ujságtól holdtöltéig mindig keletre van a Naptól. És hogy  
 vajjon a Hold változásának e részében a Naptól északra talál-  
 ható-e, vagy pedig délre: az az évszaktól függ. Például az  
 első negyedben levő Hold márcziusban emelkedik legmaga-  
 sabbra, mert ekkor a Nap a tavaszi napéjegyenlőségnél, a  
 Hold pedig a nyári napfordulatnál van. Hasonlóképen a leg-  
 mélyebben delelő első negyed szeptemberben telik.

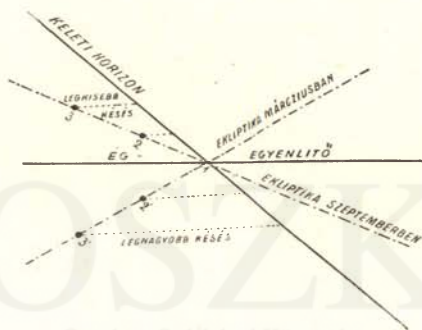
**A Hold naponta körülbelül ötven perczzel későbbben kel. —**

Ezt a késedelmét az okozza, hogy naponta 13 foknyi saját  
 keleti irányú mozgása van a csillagok között. Minthogy a mi  
 rendes időnkét a Nap szerint számítjuk (mely maga sem  
 mozdulatlan a csillagok között, hanem szintén kelet felé mo-  
 zog s naponta átmérőjének kétszeresét vagy 1 fokot fut be),  
 a Hold kelet felé mintegy 12 fokkal előzi meg naponta a  
 Napot. Tegyük fel már most, hogy a Hold ma este 7 órakor  
 a keleti szemhatáron van; akkor világos, hogy holnap este  
 7 órakor, ha pályája függőleges volna, 12 foknyira a horizon  
 alatt lesz, mert az ég említett táján a keleti irány lefelé vezet.  
 De a Föld tengelyforgása folytán a csillagok a keleti szem-  
 határ fölé négy perczenként egy-egy fokkal emelkednek és  
 ezért holnap este a Hold mintegy 50 perczzel 7 óra után  
 fog felkelni. És így megy ez tovább, átlag 50 percz a késés  
 minden éjjel.

**Éjről-éjre való változás.** — Ismét az almanachhoz folya-  
 modunk. Ott megtaláljuk a Hold felkeltének idejét az év  
 minden napjára. Várjuk meg holdtöltét és győződünk meg  
 az adatok helyességéről néhány napi összehasonlítással, ha  
 ugyan a keleti szemhatáron szabad kilátásunk van. Ha úgy  
 találjuk, hogy az almanach, legalább a megfigyelési hibák  
 határain belül, megbízható, a benne közölt számításokat az  
 év más napjain is előnyösen használhatjuk; mert sokszor  
 nem lesz lehetséges a Hold felkeltét megfigyelni, a midőn ez  
 nappalra esik. Egyik napról a másikra két felkelés (vagy  
 lenyugvás) között némelykor félóránál kisebb különbség lesz,  
 azután megint körülbelül két héttel később ez  $\frac{5}{4}$  órára is rug.

Ennek két oka van: 1. A Hold látszó havi útja a hori-  
 zonnal szöget zár be, mely folyvást változik; mikor e szög

az őszi napéjegyenlőség közelében legnagyobb, Földünk kisérője egynapi keleti mozgásával nyilván legmélyebbre fog jutni a horizon alá. 2. A Holdnak Föld körüli pályája ellipszis, nem kör s a Föld ez ellipszisnek nem közép-, hanem gyújtópontját foglalja el, miért is a két égi test mintegy kétheti időközökben felváltva egymáshoz közelebb és egymástól legtávolabb van. Az ily pályában való keringés törvényei miatt a Hold egy nap alatt akkor futja meg kelet felé a legnagyobb utat, midőn legközelebb van a Földhöz (perigaeum), a legkisebbet pedig, ha legtávolabb van a Földtől (apogaeum).



Országos Széchényi Könyvtár

151. ábra.

Az őszi és tavaszi Hold felkelte.

És a Hold mozgási sebességének e változása befolyással van a felkelés és lenyugvás idejére is.

**Őszi holdtölték.** — Noha a Hold keltének késése havonként legkisebb értékétől legnagyobb értékéig minden változáson átmegy, ez rendszerint kikerüli figyelmünket. Ügyet csak akkor vetünk rá, midőn a legkisebb késés közel egybeesik a holdtölte idejével. Ámde a legkisebb késés akkor következik be, mikor a Hold a tavaszi napéjegyenlőség közelében van, mert ott a holdpálya a legkisebb szöget zárja be a keleti horizonnal. És minthogy Nap és telhold az égnek szembenálló tájain áll, az ősz az az időszak, melyben a holdtölte a felkelés legkisebb késésével egybeesik.

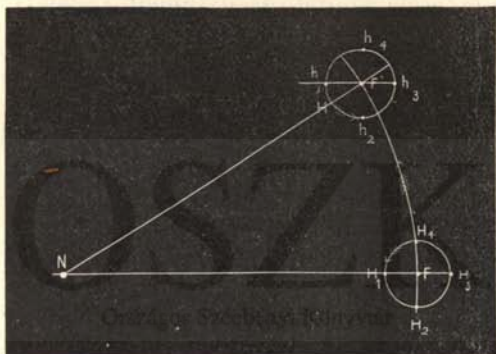
Szeptemberben a Holdnak egy-egy napi útja az ekliptikán rajzunk szerint 1—2 vagy 2—3. De márcziusban ugyanekkora

napi előrenyomulás, 1-től 2'-ig és 2'-től 3'-ig a Holdat sokkal mélyebbre viszi a szemhatár alá, miért is a felkelés ideje legnagyobb mértékben késik, mint az egyenlítővel párvonalosan húzott pontozott vonalak mutatják. Hasonlóképen a 2-vel és 3-mal jelölt helyzetek a legkisebb késést adják, és azt a szeptemberi teltholdat, mely minden következő este nem egészen félórával később kel fel, *őszi-holdnak* (*harvest moon*) nevezik. Egy hónapon belül e késés ugyanez okból igen kicsiny marad, úgy hogy az elnevezés az októberi holdtöltére is ráillik (az angolok szerint *hunter's moon*). A térítőkörökhöz közeledve, a hol az egyenlítő és az ekliptika mindinkább felgyenesedik a szemhatáron, az őszi-hold csekélyebb késése, mint átlátható, sokkal kevésbé szembetűnő.

**A Hold keringési ideje.** — A Hold az egész csillagos eget teljesen körüljárja  $27\frac{1}{3}$  nap (pontosabban 27 nap 7 ó. 43 p. 11 $\frac{5}{6}$  mp.) alatt. Ezt a Hold *siderikus* keringési idejének mondjuk, mert ennyi idő telik, mialatt a Hold, valamely adott csillagtól kelet felé kiindulva, körútján ugyanahhoz visszatér. A Holdnak ezt a mozgását semmikép sem szabad összezavarni a látszó napi mozgással, mely abban áll, hogy a Hold keleten felkel és nyugaton lenyugszik; mert ez utóbbi mozgásban, mely teljességében a Föld keletirányú tengelyforgásának folyománya, valamennyi más csillag is résztvesz. Kisérőnk saját mozgása a Föld körül való pályán ellenkező irányban történik, azaz nyugatról kelet felé. A siderikus keringési idő közelítő értékének meghatározása épen nem nehéz.

Szemeljünk ki valamely fényes csillagot (nem bolygót) a Hold közelében; legyen ez például *Alfa Virginis*, 1902. október 2-án este 8 ó. 20. p. zónaidőben. Ekkor a csillag és a Holdnak középpontja majdnem ugyanazon órákörön van, azaz a kettő egyenes emelkedése majdnem egyforma. A következő hónap folyamán figyeljük meg a Hold visszatérését ugyanazon csillaghoz; október 29-én este 7 ó. 30 p.-kor a Hold még nem érte el a csillagot, hanem attól átmérőjének mintegy kilenczszeresével nyugatra áll. Így a csillag és a Hold október 30-án körülbelül 4 órákor reggel találkozik. A különbség tehát 27 nap, 7 óra 40 percz és bár csak első közelítés, a siderikus hónapnak igazolása.

**A Hold synodikus keringési ideje.** — Tegyük fel, hogy Nap és Hold a Föld  $F$  pontjából nézve egy vonalban látható az égen; a Nap  $N$  és a Hold  $H_1$  pontban van. Mialatt a Föld, a Nap körül járva, kelet felé a nagy nyíl irányában halad, addig a Hold folyvást a kis nyíl jelölte  $H_1 H_2$  irányban jár a Föld körül. Mikor a Föld  $F'$ -be ér, a Hold  $h_1$  pontban van és épen egy teljes siderikus keringést végzett, mert  $h_1 F'$  párvonalos  $H_1 F$ -fel. De a Nap  $F' N$  irányában keresendő. Így tehát a Holdnak tovább kell még haladnia, úgy hogy a Napra vonatkozó keringése hosszabb lesz, mint a milyen a siderikus hónap, ép úgy, a mint a csillagnap is rövi-



152. ábra.

A synodikus keringési idő hosszabb, mint a siderikus.

debb a napórai napnál. Kerekszámban mintegy 30 fokot tett a Nap látszólag, mialatt a Hold körüljárja a Földet; következőleg ekkora utat kell a Holdnak még kelet felé tennie, hogy a Napot utolérje, a mire saját mozgása folytán körülbelül  $2\frac{1}{3}$  napot fordít.

Azt az időt, mely alatt a Hold, a Földet egyszer körüljárva, a Napra vonatkozólag az előbbi állásba kerül, synodikus keringési időnek mondjuk. E periodus  $29\frac{1}{2}$  nap, vagy pontosan 29 nap, 12 ó. 44 p. 28 mp.; így állapították meg a csillagászok több ezer holdkeringésből. Ez csak átlagos vagy középperiodus, mely úgy a Nap, mint a Hold középmozgásától függ; nemsokára ugyanis látni fogjuk, hogy a Hold a Földet korántsem egyenletes sebességgel járja körül, valamint

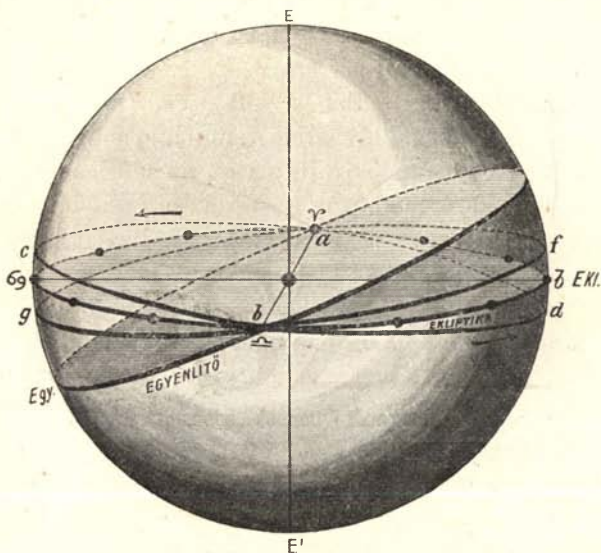
a Nap körül való saját mozgásunkat is változónak találtuk. A synodikus keringési időt, ha nem is teljes pontossággal, de meghatározhatjuk, ha megfigyeljük a Hold ugyanazon fázisának időpontjait körülbelül egy évi időközzel és ez utóbbit elosztjuk a fényváltozások számával. Például 1902 szeptember 9-én este 11 óra tájban a fényhatárt egyenes vonalúnak találjuk és a Hold első negyedében van. Hasonlókép áll a dolog 1903 szeptember 28-án délután 2 órakor. Osszszuk az egész 384 (pontosabban 383·63) napos időközt az elmúlt fényváltozások számával, vagyis 13-mal és a hányados 29·51 nap, vagyis a hiba körülbelül  $\frac{1}{2}$  óra.

**A holdváltás.** — Ezt a kifejezést (lunatio) gyakran ugyanazon értelemben használjuk, mint a synodikus keringési időt. Szabatosabban a holdváltás az az idő, mely két egymás után következő holdujság közt telik el. Értékét nem határozhatjuk meg közvetetlen megfigyeléssel, hanem csak számítás útján, mert újholdkor kisérőnk sötét fele fordul felénk, mely a Naptól erősen megvilágított légkör hátterébe vész. Nézzük meg bármely naptárban, hogy az év különböző részeiben két egymásután következő holdujság között mennyi idő telik el. Ez időközök némelyike néhány órával vagy hosszabb, vagy rövidebb lesz, mint a synodikus keringési idő. E különbségek főoka (a) a Napnak változó mozgása az ekliptikában és (b) a Holdnak változó mozgása földkörüli pályájában.

**A Hold látszó pályája.** — Eddig elég pontosan mondhattuk, hogy a Hold pályája egybeesik az ekliptikával. De közelebbi vizsgálat kideríti, hogy havonként kétszer Földünk kísérője az ekliptikától saját átmérőjének tizszeresével tér el. E szög, mely pontosabban  $5^{\circ} 8' 43''$ , a holdpálya hajlása az ekliptikához; idő folytán egyáltalában alig változik. Valamint az ekliptikának és egyenlítőnek két egymástól 180 fokra levő átmetszéspontja van, a napéjgyenlőségi pontok, úgy a Hold pályája is két egymással szemközt levő pontban metszi az ekliptikát, mely pontokat a holdpálya, vagy egyszerűbben a Hold csomóinak nevezik.

Rajzunkban *a* és *b* a csomók, melyek itt  $\gamma$  és  $\underline{\quad}$  napéjgyenlőségi pontokkal egybeesnek. De e helyzetben csak egy pillanatig vannak, mert folytonosan nyugot felé mozg-

nak, miként a napéjegyenlőségi pontok is, csakhogy ezeknél sokkal gyorsabban. Mialatt a Hold egyszer megkerüli a Földet, csomói akkora utat tesznek hátrafelé, mely a Hold átmérőjének kétszeresénél több; ezért  $18\frac{1}{2}$  esztendő alatt magok a csomók is teljesen körüljárják az ekliptikát és előbbi helyzetükbe visszaérkeznek. Mikor a Hold az ekliptika déli részéről az északiba kerül, így  $d$ -től  $c$ -ig haladtában a nyíl irányát követve, a *felszálló* csomón megy át  $a$ -nál. Midőn pedig  $c$ -től



153. ábra.

A holdpálya hajlása és csomói.

$d$ -ig megy, a *leszálló* csomón halad át. Ha a holdpálya hajlását hozzáadjuk az ekliptika ferdeségéhez, Földünk kísérője  $acbd$  síkban mozog, ha a hajlást levonjuk,  $agbf$  síkban. A csomók és a napéjegyenlőségi pontok mindkét esetben egybeesnek; de az utóbb említett esetben a felszálló csomó körül  $b$ -ig, a leszálló pedig  $a$ -ig haladt. A Hold elhajlásának legszélsőbb értékei északi  $28^{\circ} 36'$  és déli  $28^{\circ} 36'$ .

**A holdpálya főbb pontjai.** — Mikor mellékbolygónk a Föld és Nap közé kerül, mint újholdkor, azt mondjuk, hogy együttállásban (*conjunctio*) van; pályája ellenkező részén,

a hol a Nap és a Hold a Földnek ellentétes oldalán van, szembenállásban (oppositio) levőnek mondjuk. E két állást gyakran közös névbe foglalják össze és *syzygium*-oknak nevezik. A syzygiumok között középen van a negyedek (quadratura) két pontja. A negyedben a Hold és a Nap hosszúságainak különbsége  $90^\circ$ , a syzygiumokban e különbség felváltva  $0^\circ$  és  $180^\circ$ . A syzygiumok neve görög szóból ered, jelentése: „igába együtt befogott”; a Holdra értjük ezt, mikor a Földdel és Nappal legalább közelítőleg ugyanazon egyenesben van.

#### A holdpálya igazi alakja a térben. —

Ha a Föld nem mozogna, a Hold pályája a térben közel kör alakú volna. De egy hónapban, mialatt a Hold egyszer megkerül bennünket, mi kelet felé tartó mozgásban a körkerület tizenketted részét járjuk be, vagyis  $30$  foknyi utat teszünk. A Hold aránylag lassan, a Föld aránylag sebesen mozog a maga pályáján; ez okból a Hold a Nap körül leirt pályánkhöz képest hol be-, hol kikanyarodik. Minthogy azonban a Nap távolsága a Holdénál több, mint  $400$ -szor nagyobb, a holdpálya teljes alakja nem mutatható be rendes nagyságú rajzban, de a pálya kis része kellően feltüntethető, mint ábránkon láthatni; és azonnal szembetűnik, hogy a Hold valódi útja a térben mindig a homorú oldalával fordul a Nap felé.

#### A Hold pályája a Föld körül ellipszis.

— Az az út, melyet a Föld a Nap körül évenként megtesz, ellipszis alakú; ezt tisztáztuk, a nélkül, hogy a Nap távolságát ismertük volna. Hasonló módon találhatjuk ki azt is, hogy milyen alakú pályát fut meg a Hold havonként a Föld körül. Az a pálya is ellipszis.

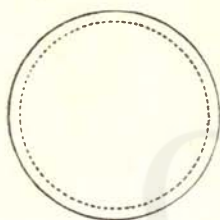
Ha a Hold átmérőjét pályája különböző pontjaiban mérgetjük, változásokat fogunk találni, melyek csakis mellék-



154. ábra.

A Holdpálya mindig  
— ujholdkor is —  
homorú a Nap felé.

bolygónk változó távolságainak tulajdoníthatók. A rajzban feltüntetett két kör a változás szélső eseteit mutatja. Mikor a Hold legközelebb van hozzánk, földközelen (perigaeum) levőnek mondjuk; látszó nagyságát ez esetben a külső kör ábrázolja. Körülbelül két hét múlva, mikor a legnagyobb, földtávolnak (apogaeum) nevezett távolságba ért, a Hold látszó nagysága a belső pontozott kör méretére csökkent. Szembetűnő, hogy a látszó átmérő változása sokkal nagyobb-mérvű, mint a Napnál; következésképp a holdpálya nyújtottabb ellipszis, mint a földpálya. Láttuk, hogy a Föld pályájának külpontossága  $\frac{1}{60}$ ; a holdpályáé  $\frac{1}{18}$ . Mellsőbolygónk távolságának e változása oly tetemes, hogy földközeli táján a



155. ábra

A Hold nagysága a földközelen és földtávolban (pontozott kör).

telthold észrevehetőleg fényesebb, mint földtávolban. Holdujság alkalmával, mint a XII. fejezetben látni fogjuk, a Hold látszó átmérőjének e változása nagyon jelentékeny tényező lehet, mert a napfogyatkozásnak különféle nemét hozza létre.

**A Hold távolsága.** — Valamennyi égi test között, csupán a meteorok és esetleg egy-egy üstökös kivételével, a Hold van legközelebb hozzánk. De bár csillagászati mérték szerint igen közel van a Hold, mégis sokkal nagyobb a távolsága, sem-

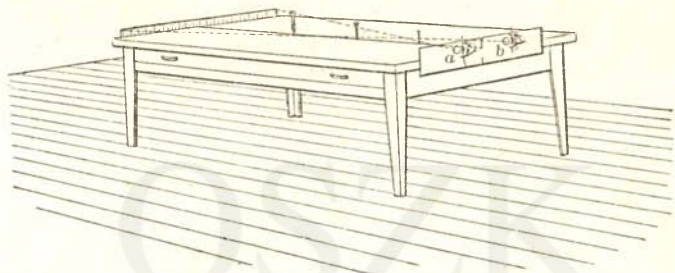
hogy valamely földi egységgel összemérhessük. Minthogy pályája ellipszis, nem pedig köralakú, minthogy továbbá a Föld a két gyújtópont egyikében áll, a Hold és a Föld közép-pontjainak távolsága változó; e távolságok átlaga, az úgynevezett középtávol 384,000 kilométer.

Ha a New-York és Chicago között közlekedő expresszvonat a Földről a Holdba vihetné az utasokat és újévkor indulna, bár éjjel-nappal szakadatlanul rohanna, nem érne szeptember elseje előtt a Holdba. Emlékezzünk vissza az ellipszisznél már említett meghatározásokra; gondoljuk meg, hogy a középtávol nem a legnagyobb és legkisebb távolságnak felösszege, hanem valamennyi pályabeli pont távolságainak középértéke. Egyenlő továbbá a pálya nagy tengelyének felével. De a Hold, a Föld körül jártában, nem maradhat igazi

ellipszis-alakú úton, mert más testek, különösen a Nap vonzása kivonszolja onnan. Ekkép a Hold középpontja olykor 407,000 kilométernyire távozik, máskor 355,000 kilométernyire közeledik.

**Mi a parallaxis?** — A Hold távolságát parallaxisának lemérésével határozzuk meg. Parallaxison értjük azt a látszó irányváltozást, melyet bármely test a megfigyelő helyváltoztatásával mutat. Ezt korántsem oly nehéz megérteni, mint első tekintetre gondolnók.

Asztalunkra helyezzünk élére méterrudat, mint rajzunk mutatja. Előtte kellő távolságokban egy gombostűt, egy szeget



156. ábra.

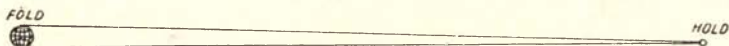
A távolság nöttével a parallaxis fogy.

és egy csavarszeget tűzzük le; a szeget két, a csavart három annyi távolságra, mint a milyenbe a kártyalap két szemnyílása között látható bemetszéstől a gombostűt helyeztük. Legjobb, ha bemetszés, tű, szeg, és csavarszeg a méterrúd közepe táján, erre közel merőleges egyenesben áll. Legelőbb a kártyalap *a* nyílásán nézzük, hogy a tű, szeg és csavarszeg a méterrúd beosztásának melyik vonalára esik; a leolvasott számokat jegyezzük fel vízszintes sorban; azután *b* nyíláson nézve, a leolvasást ugyanazon rendben, az alábbi sorba jegyezzük. A tű, szeg, csavarszeg iránya megváltozik, a mint más nyíláson át nézzük. Ez a látszó irányváltozás a parallaxis, más szóval az a szög, melyet a tárgynál mindegyik szemhez húzott egyenesek alkotnak. Most vegyük a két sor egymás fölött álló számainak különbségét; a tüleolvasás különbsége kétszer akkora, mint a szegé, és háromszor akkora, mint a

csavarszeg leolvasásának különbsége. Tehát a parallaxis annál kisebb, minél messzebb van a tárgy a két megfigyelési pontot összekötő alapvonalától. Es ha e pontokat állandó helyzetűeknek vesszük, a következő általános szabályt állíthatjuk:

Bármely pont parallaxisa fordított arányban van a megfigyelő alaptól mért merőleges távolsággal.

**A Hold egyenlítői parallaxisa.** — A csillagász érdeke és kényelme megkívánja, hogy égi távolságok lemérésében valamennyi csillagász ugyanazon hosszegységben állapodjék meg, melyre a parallaxis vonatkoztatható legyen. Egységül vagy alapvonalul általánosan a Föld egyenlítőjének fél átmérőjét fogadták el. A Hold parallaxisa e szerint az a szög, mely alatt a Hold középpontjából néző szem a földegyenlítő félátmérőjét látja. A Hold-parallaxis ez állandója majdnem egy foknyi ( $57'2''$ ).



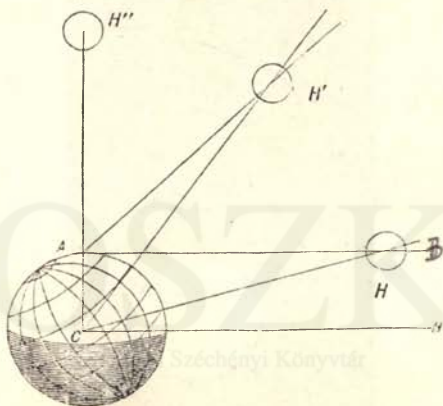
157. ábra.

A Föld és a Hold nagysága és távolsága helyes arányban.

Ha tehát valamely csillagász a Holdról távcsővel nézhetné a Földet, egyenlítőjének átmérője a parallaxis kétszeresével,  $1^{\circ} 54'$ -cel felérő szöget töltene be, mint ezt sudar rajzunk helyes arányban mutatja.

**A Hold parallaxisa különféle magasságokban.** — Bármilyen is álláspontunk földrajzi szélessége, a parallaxis mindig azon szög, mely alatt a Holdról nézve az e ponthoz húzott föld-sugár látszik. Ha a Hold a horizonban van, ama sugár  $AC$  (lásd rajzunkat), merőleges  $AB$  horizonra; ekkor  $AHC$  parallaxis legnagyobb és neve horizontális parallaxis. Magasabban fent, például  $H'$  pontban, a Hold látszó irányváltozása csekélyebb, ha felváltva  $A$  és  $C$  pontokból nézzük, más szóval parallaxisa kisebb. Ha a Hold  $H''$ -ban, vagyis a zenitben áll, a parallaxis értéke 0-ra apad, mert  $H''$  iránya ugyanaz, akár  $A$ -ból, akár  $C$ -ből tekintjük: Ebből fontos általános igazság következik, mely a Napra, bolygókra és a Holdra nézve egyaránt áll: *A Föld középpontjától meghatározott távolságban levő bármely égi test parallaxisa a zenittávolsággal növekedik.*

**A parallaxis leszállítja a magasságot.** — A Hold és egyéb égi testek valódi magasságát a tulajdonképi horizonttól fölfelé mérjük, a test középpontjáig. A 158. ábránkban ily magasságok  $HCH$ ,  $HCH'$  és  $HCH''$ . De ha  $A$  pontból nézzük a Holdat, látszólagos magasságai  $B$ -ben  $0^\circ$ ,  $BAH'$  és  $BAH''$ . Látnivaló, hogy ezek a magasságok mindig kisebbek a valódiaknál, kivéve azt az esetet, midőn a Hold a zenitben van. És az ábra megtekintése rávezet bennünket az általános tételre, hogy a parallaxis leszállítja a magasságot, de hatása annál inkább csökken, minél inkább növekedik a



158. ábra.

A parallaxis fogy a magassággal.

magasság, 0 értékűvé lesz, midőn a test a zenitbe kerül. Itt úgy a parallaxis, mint a sugártörés elenyészik; de minden más magasságban e két tényező hatásai egymással ellenkezők, a sugártörés látszólag emeli, a parallaxis süllyesztí az égi testeket.

**A Hold távolságának meghatározása.** — A 255. lapon rajzzal szemléltetett elv szolgál tényleg a Hold és Föld távolságának meghatározására; ugyanis a távolságot kiszámítjuk a parallaxisból. Ezt pedig csak oly megfigyelések útján ismerhetjük meg, melyek a Földnek két, egymástól lehetőleg távol eső állomásán történnek.

Képzeljünk óriást, kinek feje akkora, mint a Föld. A két

szeme helyén gondoljunk két csillagvizsgálót, teszem Berlint és Fokvárost; az egyiket az északi, a másikat a déli féltekén. Képzeljük előbbi kísérletünkben a Holdat a csavarszeg helyén és a méterrúd osztási vonalait álló csillagok helyettesítsék. Nyilvánvaló, hogy más csillagokat lát a berlini észlelő a Hold mellett, mint a fokvárosi megfigyelő. Az eltolódás nagysága megbecsülhető rajzunkból, mely a *Bika* csillagképnek jól ismert csillagcsoportját, a *Fiastyúk*-ot (Plejádokat) ábrázolja. A fehér kör a Berlinből, a sötétebb a Fokváros-



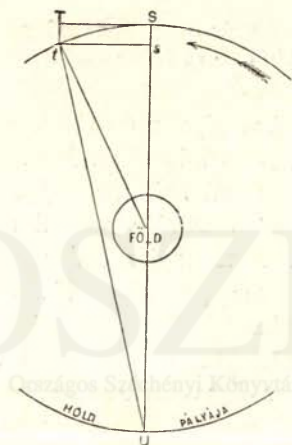
159. ábra.

A Hold helye az égen Berlinből és Fokvárosból nézve.

ból észlelt Hold helye. Minthogy mind e csillagok kölcsönös szögtávolsága ismeretes, a Hold helyzetének látszó eltolódását az égbolton (vagy a Berlint és Fokvárost összekötő vonalra, mint alapra vonatkozó parallaxisát) meghatározhatjuk. De ez egyenes vonalnak, a Föld kérgén át húzott húrnak hosszát tudjuk, mert a Föld nagysága ismeretes. Így érthető, hogy ez adatokból a Hold távolságát ki lehet számolni, de az eljárás, melyet követni kell, a síkháromszögtan módszerén alapul. A Hold távolságának meghatározása volt eredetileg az a cél, melyért a brit kormány a XIX. század elején a fokvárosi királyi csillagvizsgálót alapította.

**A Holdnak eltérése az egyenes vonaltól egy másodperc alatt.** — Minthogy a Holdnak a Földtől való távolsága kerek számban 384,000 kilométer, a (körnek tekintett) holdpálya kerülete 2.414,000 kilométer. De az idő, mely alatt mellékbolygónk ez utat megteszi, 27 nap, 7 óra, 43 percz, 11.5 mp; ezért másodpercenként 1.023 kilométernyi utat tesz. E rövid úton is mennyire hajlik el az egyenestől vagyis pályája érintőjétől?

Tegyük fel, hogy a Hold egy másodperc alatt *S*-től



160. ábra.

A Hold esése a Föld felé.

*T*-ig haladna, ha a Föld vonzásának nem volna kitéve. E vonzás következtében azonban *St* íven halad, mely 1.023 kilométernyi és a Földről körülbelül fél másodpercznyi szög alatt látszik. Minthogy e szög igen kicsiny, *St* egyenes vonalnak, *StU* derékszögű háromszögnek tekinthető, a melyben:

$$SU : St = St : Ss.$$

Ámde *SU* a Hold távolságának kétszerese. Ebből  $Ss = 1.36$  milliméter s ekkora *Tt* is, az a távolság, a melyen át a Hold egy másodperc alatt esik és a mennyivel az egyenes vonaltól eltér.

Arra a nevezetes eredményre jutottunk tehát, hogy a Hold pályájának görbültsége felette csekély, mert egy kilométernyi úton még csak  $1\frac{2}{3}$  milliméterrel tér el az egyenes iránytól.

**A Hold méretei.** — Először látszó átmérőjét mérjük; ez egy fok felénél valamivel több (sugara pontosan  $15' 326''$ ). De a Hold parallaxisa, vagy — a mi mindegy — az a szög, mely alatt a Föld sugara a Holdról nézve látszanék,  $57'$ . Minthogy pedig a Föld sugara 6378 kilométer, a következő arány áll:

$$\left. \begin{array}{l} \text{földsugár a} \\ \text{Holdról nézve} \end{array} \right\} : \left. \begin{array}{l} \text{holdsugár a} \\ \text{Földről nézve} \end{array} \right\} = \left. \begin{array}{l} \text{a Föld sugara} \\ \text{kilométerben} \end{array} \right\} : \left. \begin{array}{l} \text{a Hold sugara} \\ \text{kilométerben} \end{array} \right\}$$

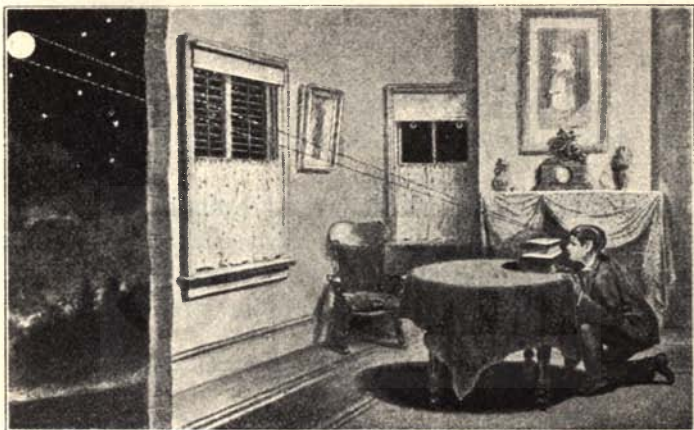
$$57 \quad : \quad 15,5 \quad = \quad 6378 \quad : \quad x$$

a miből a Hold félátmérője  $x = 1734$ , úgy, hogy a Hold átmérőjének hossza 3468 kilométer. Pontosabb érték, melyet csillagászok, trigonometriai számítás útján találtak, 3480 kilométer. Tehát a Hold átmérője valamivel nagyobb, mint a földátmérő negyede. A mennyire eddig tudjuk, a holdátmérő minden irányban ugyanaz, más szóval: a Hold gömbalakú. Minthogy gömbök felületei a sugarak négyzeteivel arányosak, a Hold felülete körülbelül  $\frac{1}{13}$ -szor kisebb, mint bolygónké, vagyis  $4\frac{1}{2}$ -szerese az Egyesült Államok területének.<sup>1</sup> A Hold térfogata a Földének csak  $\frac{1}{49}$  része, minthogy a gömb térfogata a földátmérő köbével arányos.

**A Hold átmérőjének mérése.** — Nem kell pusztá szóra elfogadni, a mit a Hold átmérőjéről mondanak, bárki maga is megmérheti. Egy-két nappal holdtölte körül, felkelte után egy fél és három órán belül legkényelmesebb a mérés. Kitárunk egy kelet felé néző ablakot, becsukjuk az egyik ablakredőt és ennek léczzeit úgy állítjuk, hogy síkjaik a Hold felé irányuljanak. Megfigyelésünk már most négy részből fog állani. 1. Felkeresendő az a helyzet, melyben a Holdat a léczek között láthatjuk; 2. a szem távolsága az ablaktól úgy választandó, hogy a Hold épen két szomszéd-lécz között töltsse ki; 3. megmérjük a szemünk távolságát a léczektől, és

<sup>1</sup> Kevéssel kisebb, mint Amerika területe, és csak 3-8-szor nagyobb, mint Európáé.

4. megmérjük két-két lécznek egymástól való távolságát. Néhány könyvet egymásra rakva, megjelölhetjük a helyet, a hol szemünk a megfigyelés ideje alatt volt. Fejjel a könyvek mögött, mintegy két méternyire az ablaktól, lassankint hátrálunk mindaddig, míg a Hold épen kitölti a két lécz között. Ha a terem elég nagy, addig is távozzunk az ablaktól, míg a Hold két ilyen közt tölt ki. A léczek között húzzunk jelet az ablakredő ráájára. Húzzuk a rakás könyvet közel a szemünkhöz, úgy, hogy a legfelső könyv egyik sarka a szem helyét jelölje.



161. ábra.

Műszer nélkül is lemérhető a Hold átmérője.

Most mindenekelőtt körülbelül öt méter hosszú, nem nyúló zsinórra van szükségünk. Ennek egyik végét az előbb húzott jelnél a ráma-hoz vagy léczhez kötjük, azután feszesen kihúzzuk a könyv sarkáig, a hol előbb a szemünk volt. A zsinóron megmérjük a szem és ablak között levő távolságot, továbbá a jelzett közt, azaz a két lécz belső felének függőleges távolságát, mindkettőt centiméterekben. Ekkor a Hold átmérőjének közelítő értékét a következő arány fejezi ki:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Léczek és} \\ \text{szem között} \\ \text{levő távolság} \end{array} \right\} : \left\{ \begin{array}{l} \text{két lécz közé-} \\ \text{hez} \end{array} \right\} = 384,000 : \left\{ \begin{array}{l} \text{a Hold átmé-} \\ \text{rőjéhez kilo-} \\ \text{méterben.} \end{array} \right\}$$

A megfigyelést legalább kétszer ismételjük, a könyvrakást mindannyiszor elmozdítjuk, újból felhalmozzuk és a távolságot is mindig újból mérjük.

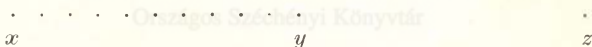
**A Holdra vonatkozó mérések és számítások.** — 1899. évi január 26-án, körülbelül délutáni 6 órakor, vagyis egy órával a Hold felkelte után, a leírt módszer a következő mérési eredményeket adta:

Szem és ablakredő távolsága.	A léczek függőleges távolsága. <sup>1</sup>
(1) 354·3 cm.	3·18 cm.
(2) 345·4	$x = \frac{3·18}{349·2} \times 384000$
(3) 348·0	= 3496
349·2 középben.	

E durva mérésekből tehát 3496 kilométer holdátmérőt kapunk, holott a helyes érték 3480, a hiba tehát  $\frac{1}{200}$ -nál kisebb.

**Miért látszik nagyobbak a Hold a szemhatár közelében?** —

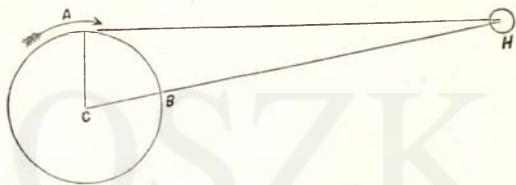
Ennek oka szemcsalódás. Fehér papirdarabokkal fedjük be e könyvnek e lapját a pontozott vonal felett és alatt. Az olvasó, mielőtt tovább menne, döntse el, mi hosszabb?  $xy$ -e vagy  $yz$ ?



A távolság mindig nagyobbak látszik, ha a két végpont között számos közbeneső tárgy van. Így  $xy$  vonal hosszabbnak látszik  $yz$ -nél, mert  $x$  és  $y$  köze ki van pontozva, holott  $y$  és  $z$  között nincsenek pontok. Épen így a szemhatár messzebbnek látszik, mint a zenit, mert vízszintesen nézve szemünk sok tárgyon megpihen. Ez okozza, hogy a nappali égboltot nyomott kupolának látjuk. A Holdról, akár a szemhatár szélén, akár a zenitben lássuk, tudjuk, hogy két helyzetében is ugyanazon égi testtel van dolgunk; de mikor alacsonyan áll, nagyobbak látszik, mert a távolság is lát-szólag nagyobb s a néző önkénytelenül úgy okoskodik, hogy a mi sokkal messzebb van s mégis ugyanakkorának tűnik

<sup>1</sup> Az eredetileg hüvelykekben adott számok itt ccentiméterre vannak átszámolva; ezért e számokban több tizedes is van, mint az eredeti mérésekben.

fel, természetesen sokkal nagyobb. Gyakran sűrű párákon vagy ködön keresztül a Napot is a szemhatár szélén látjuk s ekkor ugyanúgy csalódunk. De jól tudjuk, hogy sem ez égi testek valódi méretei, sem távolságaik nem változnak ennyire. És akár a Nap, akár a Hold ejtsen bennünket csalódásba, könnyű ennek véget vetni. Csavarjunk vékony papirlapot a czeruzánk köré, hogy körülbelül három decziméter hosszú papircső származzék. Csak e csövön keresztül nézzük fél-szemmel a Napnak vagy Holdnak a szemhatár közelében jóval nagyobbak tetsző korongját s ennek rendes méretei azonnal helyreállnak. E szemet behúnyva, a másikat pedig kinyitva, a csalódás nyomban ismétlődik. Próbálhatjuk ezt többször; váltva nyissuk és hunyjuk be hol az egyik, hol a másik



162. ábra.

A látszat ellenére a zenitben álló Hold a legnagyobb.

szemünket, a hányszor tetszik; az a szem, mely a csövön néz át, sohasem csalódik, mert a Hold körül az égboltozatnak csak kis gyűrűjét pillantja meg, melyből a cső a tájék részleteit kizárja.

**A zenitben nagyobb a Hold, mint a szemhatáron.** — A tényleges mérés épen ellenkezőjét mutatja a látszatnak; mert ha a Hold vízszintes átmérőjét pontosan megmérjük, tényleg kisebbnek találjuk a horizon közelében, mint a délkörben. Rajzunkból ez azonnal világos lesz. *H* Hold a földfelület *A* pontjának horizonján van, de *B* pontra nézve a zenitben áll. Ám ez utóbbi hely *A*-val azonosnak tekinthető, ha majd a Föld 90 fokra fordult tengelye körül. Minthogy *H* majdnem az egész földugár hosszával, 6380 km.-rel közelebb van *B*-hez, mint *A*-hoz, világos, hogy a zenitben álló Hold  $\frac{1}{60}$ -dal nagyobb, mint midőn a szemhatáron áll, minthogy *CB* is mintegy  $\frac{1}{60}$ -da a *CH* távolságnak.

**A Hold tömege.** — A Hold tömege 81-szer kisebb, mint a Földé; részint azért, mert térfogata kisebb, részint pedig, mert anyagának sűrűsége Földünk sűrűségének átlag csak  $\frac{3}{5}$ -ével egyenlő.

A nehézség a Hold felszínén hatszor kisebb, mint a Földön. Tulajdonkép 81-szer kisebbnek kellene lennie a Hold kisebb tömege miatt, de 14-szer nagyobbá teszi az, hogy — mint egyik későbbi fejezetben kifejtjük — a nehézség négyzetes arányban növekedik, ha a vonzás középpontjától való távolság kisebbedik; a Hold félátmérőjének négyzete pedig mintegy 14-szer kisebb, mint a Föld sugarának négyzete. Tehát a Hold felületén a nehézség a Földhöz képest  $\frac{1}{81}$ , majdnem  $\frac{1}{6}$ . A kinek testsúlya a Földön 72 kilogramm, az rugósmérlegen mérve a Holdon csak 12 kilogrammot nyomna. Az athleta, a kit bámulunk, mert ugródeszka segítségével majd két méter magasra ugrik, ugyanazon izomerő kifejtésével a Hold felületén közel 12 méter magasat ugorhatnék. Valószínűleg ugyancsak a nehézségerő csekély volta magyarázza meg, hogy sok holdbeli hegy a mienknél sokkal magasabb. A tengerjárás, melyet Holdunk vonzása a Föld tengereiben létesít, kitűnő módszer tömegének lemérésére. Erre másik módot nyújt a Hold befolyása a Föld mozgására. Midőn a Hold megelőzi a Földet, vagyis harmadik negyedében van, vonzásával lehető legnagyobb mértékben gyorsítja a Nap körüli mozgásunkat; midőn a pályáján haladó Föld mögött elmarad, vagyis első negyedkor, a lehető legnagyobb mértékben kisebbíti pályafutásunk sebességét.

**Tengelyforgás.** — Földünk 30-szor gyorsabban forog tengelye körül, mint a Hold. Mert míg a mi napunk tartama 23 óra 56 percz, a holdnapé  $29\frac{1}{2}$  földi nap; azaz, mialatt a Hold a Földet körüljárja, egyszersmind tengelye körül is egyszer fordul.

A legegyszerűbb kísérlet ezt meg fogja világosítani. Égő lámpa képviselje a Napot, a szoba közepén álló tanító a Földet, valamelyik tanuló a Holdat. A tanuló körben lassan körüljárja a tanítót és arcczal folyvást feléje forduljon. Csakhamar észre fogjuk venni, hogy a tanuló, mialatt egyszer körüljár, arczát egymásután a falakon levő valamennyi tárgy

felé fordította. Más szóval, a mennyi idő alatt a tanítót körüljárta, épen annyi idő kellett neki, hogy a maga tengelye körül is lassan megforduljon. És minthogy a két mozgás teljesen egyforma időt kíván, a Holdnak mindig ugyanazon oldala fordul a Föld felé, valamint a tanító is mindig szemébe nézhetett a tanulónak. Viszont mellékbolygónknak ellenkező oldala mindenkor láthatatlan előttünk.

**Libegés** (*libratio*). — Azonban szerencsére a Hold tengelye úgy hajlik a pályához, hogy némelykor láthatunk valamit az elfordult részből is, hol az egyik, hol a másik sark körül. A hajlásszög  $83^{\circ} 21'$  és hogy — úgy szólva — valamivel túllátunk, az a most említett *szélességi libegéstől* ered. Másrészt a Holdnak sebessége, midőn a Föld körül kering, változik, míg tengelyforgása tökéletesen egyenletes; ennek következtében a szélén is túlláthatunk, hol a nyugoti, hol a keleti oldalon és ezt *hosszúsági libegésnek* mondjuk. Midőn a Hold a zenithez közel áll, a megfigyelőnek álláspontja a Föld felületén ugyancsak libegésnek nevezett változást alig okoz. De ha a Hold a szemhatáron van, a megfigyelő majdnem 6400 kilométernyire emelkedett a Hold és a Föld középpontjain átmenő egyenes fölé. Következéleg kissé továbbra láthat a Hold nyugoti szélén túl, ha kel a Hold, és túllátunk a keleti felén, ha lenyugoszik. Ezt a hatást a *napi* vagy *parallaktikus* libegésnek nevéen ismerjük. Egészben mindhárom libegés egyesített hatása következtében a Hold teljes felületének négy hetede látható.

**A Holdnak nincs légköre.** — Az egyik ok, mely bizonyossá teszi, hogy a Holdnak nincs légköre, ez: midőn mellékbolygónk egy csillag fölött elhalad, és azt födi, vagy mint műszóval kifejezzük: okkultálja, a csillag rendkívül hirtelen módon tűnik el a Hold szélén. Nem vesszük észre a csillag fényének gyöngülését, mielőtt kialszik, a mi pedig el nem maradhatna, ha a Hold levegője és felhőzete részben elnyelné a fényt. A spektroszkóp sem mutat változást a csillag színképében, midőn a csillag szorosán a korong szélén áll. Továbbá napfogyatkozáskor a Hold körvonalai a Napra vetítve mindig igen élesen határoltaknak látszanak. Néhány csillagász lehetségesnek tartotta, hogy víz és légkör nyomai még megmarad-

tak mély völgyek fenekén, de semmiféle megfigyelés sem erősítette meg e feltevést. Meglehet, hogy a Holdnak, története valamely igen régi korszakában, légköre is volt, de ez nem lehetett nagy terjedelmű; részben el is nyelheték a Hold szikláit, midőn hülési folyamat által elvesztették azt a nagyfokú hőt, mely a Földnek és Holdnak eredeti közös állapotát jellemzi. Újabban COMSTOCK<sup>1</sup> ismét megvizsgálta a Hold légkörének kérdését.

**Miért nem lehet levegő és víz a Holdon?** — Föltéve, hogy e két anyag igen távoli hajdankorban valóban környezte a Holdat, a jelen időben való teljes hiányok könnyen magyarázható a mai fizikusok által elfogadott kinetikai gázelmélet segítségével. Ez elmélet szerint a gázalakú test részecskéi folytonosan gyors haladó mozgásban vannak a lehető legkülönbözőbb irányok felé. Minden egyes gáz molekulájának megvan a saját állandó vagy normális sebessége, mely azonban hétszer akkorává is növekedhetik a molekulák kölcsönös összeütközése következtében. Ismerve a vonzási törvényt, kiszámíthatjuk a mozgó testnek a sebességét, melyet a Hold még győz; ha a Hold felületén másodpercenként 2400 méternyi sebességű puskagolyót lehetne kilőni, melynek tehát háromszor nagyobb volna a sebessége, mint a minőt a Földön eddig mesterséges módon el lehetett érni, ez a golyó végkép és örökre elhagyná mellékbolygónkat és tőle független külön pályát futna be a térben. A fizikusok megbizonyosodtak róla, hogy a légkörünket alkotó gázok molekuláinak oly saját sebességük lehet, mely az imént említett határt messze túlhaladja; és minthogy a Föld és a Hold is több millió esztendő, könnyű felfogni, hogy a szétszóródás e lassú folyamata által miképp veszthette el a Hold egész légkörét. A Hold felszíni vonzása, mely hatszor kisebb, mint a földi, egyszerűen képtelen volt a fokozatos veszteséget megakadályozni. A hidrogén molekuláinak lehetséges sebessége a legnagyobb, úgy hogy ezzel még a mi Földünk sem küzdhet meg; ezért ez az elmélet megmagyarázza azt is, hogy a mi saját légkörünkből hiányzik a szabad hidrogén. A Hold netalán létezett vize lassankint

<sup>1</sup> És mások; a németek közül különösen A. Ritter.

elpárolgott a légkörbe és meglehet, hogy a cseppfolyós víz teljes eltünése ily módon következett be. Jelen van-e még a víz jég alakjában, lehetetlen megmondani.<sup>1</sup>

**A Hold fénye és melege.** — A Hold fény mennyisége holdujtságtól holdtöltéig gyorsabban növekedik, mint a holdtányér megvilágított részének területe; ezért első negyedkor a holdvilág jóval kevesebb, mint a holdtölte fényének fele. Ennek legfőbb oka az, hogy a holdhegyek árnyékai fokozatosan rövidülnek és holdtöltekor teljesen elenyésznek. Mint ez utóbbi fázis alkalmával különösen jól látható, a Hold némely része másoknál sokkal sötétebb; de átlag a Hold felülete a reá eső napfénynek mintegy  $\frac{1}{6}$  részét veri vissza. A spektroszkóp nem tüntet fel különbséget a Nap és a Hold fényének minősége között. A telt Hold fénye a közfelfogás ellenére enyészően csekély, mert a Hold közepes távolságában a napfénynek csak  $\frac{1}{600,000}$  része. A telt Hold melege ellenben majdnem négyszer akkora, mint fény mennyisége és nagyobb része nem visszavert, hanem kisugárzott hő, melyet a Hold a Nap melegéből előzetesen elnyelt. Minthogy Földünk kísérőjének nincs e hő visszatartására alkalmas légkör, az elnyelt hőt szinte azonnal újból kisugározza; ezért a Hold felületén, ha függőlegesen éri is a napsugár, a hőmérséklet hihetőleg sohasem emelkedik még 0 Celsius fokra sem. Midőn vége felé közeledik az a két heti idő, mely alatt napfény nem éri a Holdat, a hőmérséklet szükségkép a bolygóközi tér hőmérsékletére süllyed, mely valószínűleg 270°-ot tesz 0 alatt. Idevágó kutatásokkal Amerikában LANGLEY és VERY<sup>2</sup> tüntek ki leginkább.

**A Hold és az időjárás.** — Széles körben elterjedt hiedelem szerint, mely alig több pusztá babonánál, összefüggés volna a Hold szarvainak változó helyzete és az időjárás jellege között. A Hold szarvait összekötő egyenes folyvást más és más szöget alkot a horizonttal, a mi — mint már megmagyaráztuk — az ekliptika (illetőleg holdpálya) és a horizon

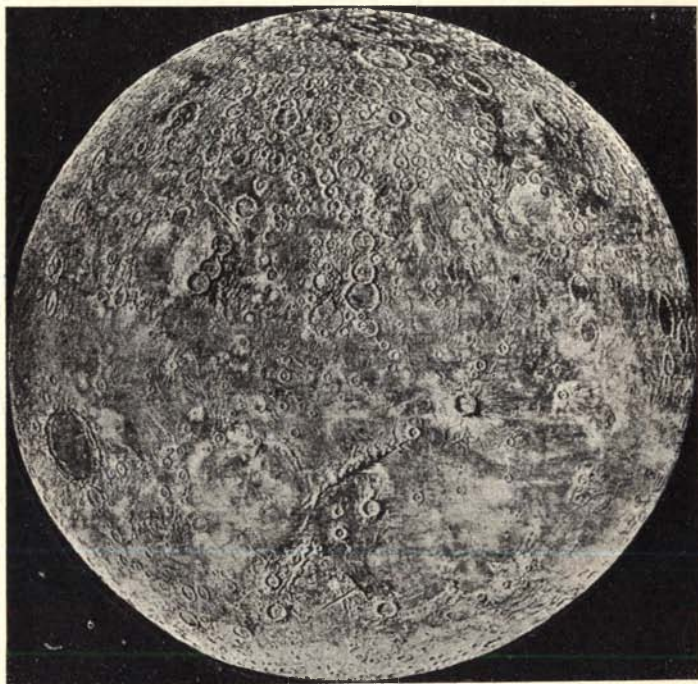
<sup>1</sup> A fény sarkításán alapuló elemző műszerek újabban e feltevést is tetemesen gyengítették. R.

<sup>2</sup> Európában Lord Rosse és Boeddiker. R.

kölsönös helyzetének következménye; ezért lehetetlenség megérteni, miért és miként idézne elő a Hold akár száraz, akár nedves hónapot. Arra vonatkozólag, hogy a Hold fényváltásai az időjárás változásait okozzák, vagy ezekkel egybeesnek, csak azt kell szem előtt tartanunk, hogy a hetenkint bekövetkező fényváltás okvetlenül egyidejű az időváltozások tetemes százalékával, az ily találkozásokat pedig mindenkor emlékezetben tartják, míg a be nem váló eseteket elhanyagolják vagy elfelejtik. Azután különböző helyeken nagyon eltérő az időjárás, és *valahol* a Földön valószínűleg mindig van élesen megkülönböztethető időváltozás, a midőn mellékbolygónk egyik fázisából a másikba megy át. Kritikai vizsgálat semmiféle határozott befolyást nem derít ki és a Holdnak az időjárásra való bármely látszólagos hatása merő véletlen. A teltholdról is általánosan hiszi a nép, hogy a felhőket szétoszlatja, de statisztikai kutatások nem vezettek ilyenmű hatások nyomára. A Hold földközele és -távola a mágnesűben időszakos zavarokat idéz elő, ennyit tudunk; meglehet, hogy ezzel a földrengés tünetényei is összefüggenek, de a Holdnak ez utóbbi hatása még nincs teljesen tisztázva.

**A Hold felszine.** — Abban az időben, mikor még régiebb szerkezetű és kevésbé tökéletes távcsövek járták, a Hold tányérán látható feltűnő sötét foltokat tengereknek nevezték el, és e nevek megmaradtak, noha most már tudjuk, hogy csak sivatag síkságokkal van dolgunk, nem tengerekkel. Minden fontosabb alakzatja rajzunk segítségével pontosan követhető. A mióta nagy, újabb távcsöveink, melyek 1500-szoros nagyítást adnak, úgy mutatják a Holdat, mintha csak 250 kilométernyire volna, számos részlet ismerhetünk fel a ki mondhatatlanul elhagyatott tájképeken, melyek mellékbolygónkat oly változatossá teszik. Ha nagy város volna ott, észre kellene venni, de oly épület, mint a legnagyobb, melyet Földünkön valaha emeltek, csak kicsiny foltként tűnének fel. A legjobb újabb fotografiák, minőket be is mutatunk a 11. és 271. lapon, bőven elegendők arra, hogy kritikai tanulmány alapjául szolgáljanak; és ha ezeket vizsgáljuk, többre megyünk, mintha a szokásos módon távcsövön nézzük a Holdat. Az úgynevezett tengerek, meglehet, valóban őskori tengerek medrei,

melyekből a víz több százezer év előtt már felszáradt, eltűnt. Nem is ugyanazon szintben fekszenek. A kozmikus élet korábbi időszakait nagyfokú meleg jellemzi; de a mint haladt a Hold fejlődése, az eredeti hő kisugárzás folytán fokozatosan elszállt a világűrbe és a Hold felszíne véglegesen kialakult. Bizonyos, hogy a Hold oly megpróbáltatásokon ment keresztül, minőkkel



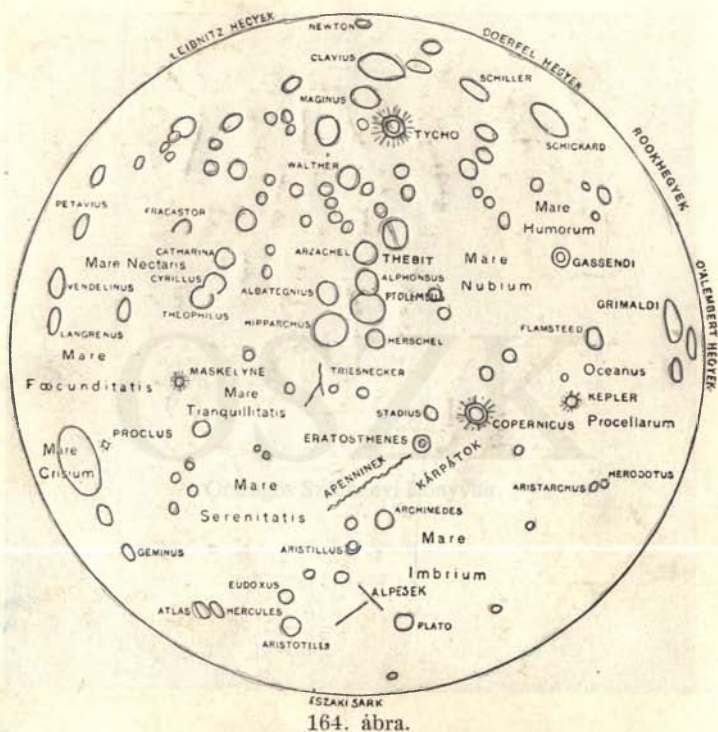
163. ábra.

A Hold megfordító távcsövön nézve.

a Föld is már megismerkedhetett, valamint olyanokon, melyek a Földön csak távoli jövőben várhatók. Mellékbolygónk, mely annyiival kisebb méretű és tömegű, mint Földünk, hamarabb hűlt ki, mint a szülő bolygója. Felszínének néhány alakzata a folytonos zsugorodásnak következményeként magyarázható.

**Holdtérképek és fotografiák.** — A Holdnak valamennyi hegyét, síkságát és kráterét névvel ellátva térképre jegyezték. A csillagászok ép oly jól ismerik *Copernicus*-t és *Erato-*

*sthenes*-t (a nagy krátert és a közel 4900 méter magasságú hegyet), mint a geografusok a Vezuvot és a Matterhorn-csücsöt. A danzigi HEVELIUS készítette a Holdnak első térképét, 1647-ben. Ő adta a hegyeknek, krátereknek és síkságoknak földi tengerek, városok és hegyek neveit. De RICCIOLI, ki valamivel később új holdtérképet rajzolt, új neveket eszelt ki, felhasználva



A Hold térképéhez való kules.

nálva az alkalmat arra, hogy magát és számos barátját halhatatlanná tegye. A tőle származó nevek számos más, később hozzáadottakkal együtt még ma is használatosak.

Egy híres német csillagász a Holdnak 33,000 kráterét olvasta össze, természetesen felszínének ama  $\frac{4}{7}$ -én, mely egyáltalán felénk fordul; és minthogy nincsen okunk feltennünk, hogy a Hold többi részein oly alakzatok mutatkozhatnak, melyek az előttünk annyira ismeretes félgömbéitől eltérők, való-

szinüleg legalább 60,000 kráter van mellékbolygónk egész felszínén. Az utolsó félszázad alatt számos csillagász a Hold fotografiáinak előállításával foglalkozott és ez úton nevezetes



165. ábra.

A Hold északi szarva (HENRY testvéreknek a párisi obszervatóriumban készített fotografiája).

sikereket ért el. Egy-két másodpercig tartó felvétel elegendő oly tömördek részlet tökéletesen pontos előállítására, melynek lerajzolására néhány hónap sem elég, és nagyítóüveggel való

kritikai vizsgálat valóban kisebb hegy- és völgyalakulásokat derített ki, melyek a távcsővel felfegyverzett szemet kikerülték. Fotografozással készített igen nagy arányú holdtérképeket és atlaszokat újabban a párisi, a Lick- és az utóbbiak nyomán rajz útján készült tájképeket a prágai csillagvizsgálók tettek közzé; az ekkép már felhalmozódott anyag elég lesz arra, hogy a legközelebbi száz év alatt a netalán bekövetkező jelentékeny változásokat fel lehessen ismerni.

**Változások a Holdon.** — Azokat az észleléket, a kik egy évszázad előtt működő tűzhányókat és még mindig folyamatban levő változásokat vettek észre a Holdon, valószínűleg tévútra vezette némely hegy csúcsának nagymértékű fényvisszaverő képessége. Úgy állították, hogy néhány kráter eltűnt, más esetekben meg új kráterek keletkezését jelezték, de a mit ilyenkor láttak, egyetlen egyszer sem volt teljesen bizonyító erejű. Még mindig nyílt kérdés, vajjon jellemzi-e valamelyes oly méretű felszíni tevékenység a Holdat, mely jelenlegi műszereinkkel még felfedezhető. A Naptól eredő megvilágítás változó, még óráról-órára is oly élesen különböző állapotokat teremt, melyek eléggé magyarázzák a Holdnak majdnem minden vélt változását. A távcső nagysága és ereje, ha pedig rajzokról van szó, a művész személyes felfogása a légkör állapotával együtt oly tényezőket hozhat be, melyek miatt a felvett vázlatokat bajos egymással összehasonlítni.

**A Hold hegységei.** — Habár a naprendszernek valamennyi mellékbolygója közül a mi Holdunk az, mely méreteire és tömegére nézve legközelebb áll a főbolygóhoz, az a mi szomszédvilágunk mégsem másolata a jelenlegi Földnek. A kettőnek különbsége kiélesedik, ha hegyeik természetét nézzük: a Földön többnyire hegygerinczeket és lánczokat találunk, aránylag kevés kráterrel, a Holdra épen az ellenkező áll, mert ott a kráterek nagyban túlnyomók. Ezek nagyrészt ugyan vulkánszerűeknek látszanak, de a legnagyobbak, melyeket alacsony falak körítenek, valószínűleg olvadt anyagokból keletkezett tavak maradványai. Mikor az erős napfény ferdén súrolja a Hold hegyeit, mint a fényhatár mentében napfelkeltekor és nyugtakor, élesen kidomborodnak, mint az itt lerajzolt holdvulkánok, melyek mellé a Vezűv és a vele szomszédos

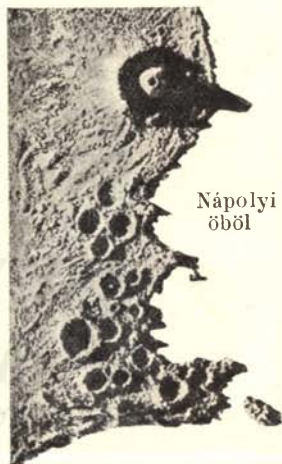
vulkánok egy mintájának hasonló megvilágítás alatt készült fotografiáját állítjuk. Hogy a hasonlatosság egyforma vulkános eredetre vall, szemmel látható.<sup>1</sup>

Közel 40 hegycsúcsa a Holdnak a Mont-Blancnál magasabb és az általában is nagyobb viszonylagos emelkedés kétségtelenül annak tulajdonítható, hogy mellékbolygónk felületén kisebb a nehézségerő hatása. A *Leibnitz-hegyek*, melyek a Holdnak talán legmagasabb hegyei, 9000—11,000 méternyire



166. ábra.

Holdbeli kráterek.



167. ábra.

A flegrei mezők kráterei.

emelkednek, tehát jóval túltesznek a Föld legmagasabb hegy-óriásain. Minthogy a légkör enyhítő hatása hiányzik a Holdon, minden tárgy árnyéka oly élesen határolt, hogy majdnem minden természetes alakzatának magassága, mélysége és kiterjedése teljes pontossággal megmérhető.

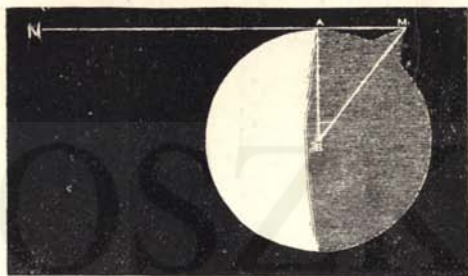
**Hogyan méri a holdhegyek magasságát?** — A Hold számos hegyének magasságát a következő módon határozták

<sup>1</sup> Újabban a hegyek méreteinek pontos számbavételével egészen más, nem vulkános elmélet járja, melynek alapján a Hold krátereit teljesen hiven mesterségesen is sikerült előállítani.

R.

meg: Alkalmas műszerrel, a mikrométerrel, mely a távcsőre erősítve apró ívek mérésére szolgál, megmérjük  $AM$ , oly hegycsúcs távolságát a fényhatártól, melyet a Naptól,  $N$  felől érkező fénysugár épen érint. A Hold  $AB$  sugarát ismerjük és  $AM$  távolságot az imént megmértük. Ebből  $BM$  értéke, a hegy magasságával megtoldott holdsugár,  $ABM$  háromszög megoldása útján kiszámítható.

**Erősen nagyított tiposus kráter.** — A holdtányér közepétől kissé észak-kelet felé van a nagy, *Copernicus* nevű kráter.<sup>1</sup> Fenekéről kúpos hegyek csoportja körülbelül 800 m. magasra emelkedik. Magának a kráternek falai körülbelül



168. ábra.

A holdhegyek magasságának mérése.

80 kilométer átmérőjűek, magasságok pedig 4000 méter. Mint rajzunkból kitűnik, Copernicus környéke rendkívül zordon; midőn holdtölte közeledik, egész hálózat látható, melyet mindenfelé 160 kilométernyire is elhúzódó fénylő csikok alkotnak. Ezek rajzunkon nem látszanak, mert ez a negyed táján készült. A csikok kisugárzási pontja nem maga a kráter, hanem az oldalt levő apró kráterek egyike vagy másika, a milyenek a Copernicus körül kiváltképp sűrűen vannak. A csikok valószínűleg onnan erednek, hogy világos színű föveny vagy por szóródott szét sugaras irányban. A szomszédos kráterlyukak legtöbbje igen apró; számuk több százra rüg.

<sup>1</sup> Helyesebben gyűrűshegy.

**A Hold repedései vagy rianásai és egyéb alakulásai. —**

A Holdnak majdnem közepe táján, de némileg északnyugot felé van a *Triesnecker* nevű jól kifejlett kráter, melynek nyugoti oldalán az ábránkban feltüntetett rianások rendszere található. Szertesugárzások és átmetsződésök igen határozottan szembetűnő; valóságos talajszakadékok, szélességök lehet más-



169. ábra.

Copernicus környéke (tetemes nagyításban).

fél kilométer, hosszúságok 500 kilométer. Nagyon keveset tudunk természetükről és még kevesebbet eredetükről. A repedések feneke majdnem laposnak látszik, bizonyos mértékig egykori folyómederhez hasonlít. A Holdnak kis számú hegylánczai egy tekintetben a földiekhez hasonlóak: egyik oldaluk ugyanis meredekebb, mint a másik, mintha csak mindkét emelkedést egyforma okok hozták volna létre. Szirtes

és szabálytalan kúpok gyéren szétszórtnan láthatók a síkságokon. Van sok völgy is; némelyik tágas és mély, de némelyik igazi földrepedés. E repedések általánosan elfogadott neve *rill* (patak), habár víz nincs benne. Sok száz ily rianás van; legtöbb a tengereket, vagy síkságokat hasítja, de esetleg krátereket is szelnek át. Némelyik egyenes, vannak azonban tekergő és elágazó rianások is. Meglehet, hogy hasadékok,



170. ábra.

Triesnecker és holdrianások.

melyek a még mindig összezsugorodó felületen keletkeznek. Némelyikén észlelhető azon földtani alakulás, melyet vetődésnek nevezünk, a repedés nem nyílt és felülete az egyik oldalon magasabb, mint a másikon. Vannak továbbá fallal körített síkságok, melyek átmérője 65—240 kilométer; belső részük általában vízszintes, de helylyel-közzel csekély emelkedések és kör alakú gödrök vagy süppedések szakítják meg. Majdnem az egész látható holdfelület bámulatosan változatos azon éles metszésű szabálytalan alakulások miatt, melyek azt a benyomást keltik, hogy a Hold színén sohasem volt víz, vagy

levegő. Kis messzelátóval is már nagyon jól vizsgálhatjuk őket és tanulmányozásuk különösen könnyű, ha a fényhatáron vagy ennek közelében állanak. Egy kettős fényváltozás időköze, vagy 50 nap és  $1\frac{1}{2}$  óra eltelte után a fényhatár újból majdnem ugyanazon pontokon huzódik át, úgy hogy a megvilágítás mértéke és természete összehasonlítható.



171. ábra.

Tipusos holdbeli tájkép (földtölte).

**Látogatás a Holdba.** — Természetesen semmiféle emberi lény sem látogathatna el a Holdra, ha nem vinne magával levegőt és vizet. De a mit mellékbolygónk felszínéről tudunk, mégis képesít arra, hogy néhány természeti jelenségét leirjuk. A légkör hiánya következtében nincsen szétszórt világosság; semmi sem látható, hacsak közvetlenül napsugár nem éri. Abban a pillanatban, a midőn valaki a Hold egy szirtjének árnyékába lépne, már láthatatlanná is válnék. Hang nem hal-

latszik, bármily erős legyen is; tényleg lehetetlen, hogy hang keletkezzék. Hegyomlást vagy szikla legördülését csak a rázkódásról lehetne észrevenni, zajt nem ütne. Oly csekély a nehézség hatása, hogy jó labdázó minden erőlködés nélkül 800 méternyire is kiüthetné a labdát. Ha felnéznénk, örökké felhőtlen égen észrevehetőleg fényesebbeknek látnók a csillagokat, mint a Földről, még a halványabb csillagok is nappal és éjjel egyaránt láthatók. Ha valaki a Hold tulsó felére vetődnék, a míg ott maradna, sohasem láthatná a Földet; csak akkor pillanthatná meg, ha körüljárná a Holdat, míg a bolygónk felé fordított oldalára érne. De akkor sem látná a Földet valamely helyen felkelni és lenyugodni, hanem mindig igen közel ugyanazon magasságban lebegne a szemhatár felett. A Föld mindazokon a fényváltozásokon menne át, melyeket mi a Holdon tapasztalunk, de a föld- és holdfázis egymásnak kiegészítője, azaz: földtölte akkor állna ott be, mikor nálunk holdujtság van. Földgolyónk négyszer akkorának látszanék, mint a Hold a földi embernek. A Föld sarkainak jég- és hősüvegei, sötét világtengereink és a nagy kiterjedésű, de ködbe vesző felhőterületek felső légkörünkön keresztül észrevehetőek volnának. Halvány csillagokat, a Nap gyöngyfényű koronáját, úgyszintén az állatövi fényt valószínűleg a Napnak szoros közelében is lehetne látni; de bár a napsugarak két héten át is megszakítás nélkül sütik a hold tájait, a sziklák hihetőleg még mindig oly hidegek volnának, hogy veszély nélkül nem lehetne hozzájuk nyulni.

Az éjjeli égbolt legfőbb fényforrásáról áttérünk oly felfedezések vizsgálatára, melyeket a csillagászok a nappali fényt árasztó égi testre vonatkozólag tettek; egyúttal le fogjuk írni azokat a műszereket és eljárásokat, melyek segítségével az „új csillagászat“ e nemű kutatásait végezhetette.

---