

A zsebóra mint planetárium.

Az első fontos csillagászati kísérletet, a melyről tudomásunk van, Hipparchus gondolta ki, és Ptolemaeus tartotta fenn számunkra Almagestjében. Arról volt szó, megmagyarázható-e a bolygók látszó mozgása a Föld körül egyszerű módon? Hipparchus igennel felelt; felállította epicziklikus elméletét, a melynek értelmében minden bolygó — kivéve a Napot és a Holdat — oly körben mozog egyenletesen, melynek középpontja maga is egyenletesen kering körben a Föld körül. Ezáltal elérte a látszatot teljesen, a mennyiben a bolygók általános, kelet felé tartó mozgásában megállapodások, sőt időnkénti hátrálások okvetetlenül előfordulnak. Habár a régi görögök a mechanikában épen nem voltak járatosak, még sem hihető, hogy Hipparchus a bolygók mozgását a leirt módon betű szerint elképzelte. Sokkal valószínűbb, hogy az egész elmélet egyszerű mechanikai szerkezet, a melyen kevés fogaskerék egymásba fogódzásából a bolygók futása a látszathoz híven utánozható. Hogy ez az első, gondolatban tisztán megvolt planetárium valójában elkészült-e valaha, arról mitsem tudok.

Hipparchus nem volt az első e téren; jóval előtte Eudoxus és Pythagoras is gondolt hasonló kísérletekre. Ha, a mi ama régi időben természetes is volt, a látszatot valóságnak fogjuk fel, fölötte feltűnő, hogy az összes álló csillagok úgy forognak a Föld körül,

hogy közben egymáshoz viszonyított helyzetüket nem változtatják, azaz: a csillagos ég úgy forog tengelye körül, mintha merev rendszert alkotna. E gondolatnak adott utánozható alakot Pythagoras, mikor az összes álló csillagokat egyazon kristályszférára rögzítve gondolta. A bolygók, melyek a csillagok között önállóan mozognak, e szférán természetesen nem foglalhatnak helyet. Mindegyik külön-külön kristályhéjon volt és e kristályhéjak egymáson gördülése Pythagoras szerint zenei hanggal jár: ez a szférák harmoniája. Ő, ki már ismerte a hurok törvényeit, e poetikus gondolattal bizonyára csak annyit akart kifejezni, hogy e mozgások mind egyszerű törvényszerűségekre vezethetők vissza.

Eudoxus a bolygók szféráit, Pythagorastól eltérőleg, már különböző tengelyek körül forgatta; rendszerében a bolygórendszer szféráinak összessége a Cardanus-féle felfüggesztésre emlékeztet. Ezzel elérte, hogy az egyes bolygók, szféráik tengelyhajlásához mérten az álló csillagok között hurokvonalat irtak le, és ezen magyarázat Eudoxus korának megfigyelései szerint oly tökéletes volt, hogy nem kisebb tudós mint Schiaparelli is méltatta újabban ez elmélet kiváló fontosságát.

Az újabb planetáriumok természetesen már mind a Copernicus-féle elmélet alapján készültek; tehát nem is mutatják a bolygók mozgását úgy, a mint tény-

leg látjuk, hanem abban az alakban, a melyet látnánk, ha e mozgásokat a Napról figyelhetnők.

Ugyan látott-e már valaki planetáriumot mozgásban? Pedig majd minden iskolának szertárában megvan e bizonyára nem olcsó pénzen vett masina. A hosszú rugalmas karokra erősített bolyógolyók nagyot zökkennek, ha hosszabb indítgatás után mégis elindul a gépezet. Kétségtelen, hogy a szem gyönyörködik a színes gömböknek a Naptól mért távolsággal lassudó keringésében, sőt még a fül is kiveszi a maga részét az élvezetből, csak gondolataink pihennek.

Jobb és olcsóbb planetárium, mint a minővel óra, vagy zsebóra alakjában rendelkezünk, alig gondolható, és jó tulajdonsága, hogy használata közben egy kicsit gondolkozni is kell. Lássuk csak, mi minden telik egy zsebórától, ha időmutató rendes szereplésénél többet követelünk tőle.

Az egész csillagos ég olyan, mint valami óriási óra; sőt megfordítva is merném mondani, hogy minden óra lényegében nem más, mint a csillagos ég alatt elforduló Földnek kisebbített mechanikai mása. Csak kényelemből van a csillag helyett szám s egy második mutató, a mely az egyes órákat törtrészeire bontja. Legtökéletesebb a hasonlat, ha golyós, úgynevezett éjjeli órát választunk. A tejszínű, áttetsző golyó egyenlítője az óráknak megfelelőleg van beosztva, melyek a forgó gömbbel együtt az állványhoz erősített mutató alatt vonulnak el. E mutató ugyanaz, a mi a Földön a horizont, vagy a meridián, mely szintén a megfigyelő helyhez van rögzítve, s mely fölött az égbolt számlapja, a csillagos ég forog. Valamint a mutató alatt elhaladnak a számok, mindegyik a maga idejében, úgy vonulnak el a csillagok a meridián alatt, és e mozgásról a nap órája minden nehézség nélkül lemérhető. Ha a

csillagok is olyan szép rendes közökben követnék egymást az égen, mint az óralapon a számok, a »lemérés« helyett joggal »leolvasást« mondhatnánk. Azonkívül a meridián az égen természetesen csak képzelt mutató, melyet előbb alkalmasan ki kell jelölni. Gyakorlati célokra az egyszerűen megbecsült észak-déli irány is megteszi; a csillagász mutatója a csillagászati távcső optikai tengelye, mely meridiánkörén vagy passagecsövén pontosan nyugot-kelet irányú vízszintes tengely körül kizárólag csak a meridián síkjában mozoghat. Így már érthető, hogy a csillagász a csillagok állásából, vagy meridiánátmenetökből az időt a másodperc századrészéig ismeri, ellenben a pásztor, a ki a meridián irányát csak hozzávetőleg tudhatja, időmeghatározásaiban tetemesen kisebb, de a laikust még mindig meglepő pontossággal kénytelen beérni.

De van az égi órán még egy mutató, a Hold és a Nap. A mint a Hold havi mozgásában a csillagok mellett elhalad, majd ezt, majd amazt födi, a miből egészen pontosan meg lehetne mondani, hogy a hónapnak mely napját éljük, s minthogy a Nap egy év lefolyása alatt más és más állatövi csillagképekben tartózkodik, kétségtelenül rámutat a hónapra is. Az egész okoskodás most már könnyen meg is fordítható olyképen, hogy az óra segítségével következtetést vonhatunk a Nap és Hold járására és a csillagos ég mindenkori állására.

A Nap egy év alatt kerüli meg látszó mozgásában a Földet oly pályában, melyet az égen a 12 állatövi jegy jelöl. E mozgás, mint tudjuk, csak tükröképe a Föld napkörüli útjának. A 12 állatövi jegy, a 12 hónap és a zsebóra 12 száma, melyet az óramutató ugyan nem egy év alatt, hanem egy fél nap alatt fut be, teljes analógiában állanak, úgy hogy példának okáért a XII mellé a Kos jegyét, az I mellé a Bika jegyét irhatom. Ugyan-

ezen joggal jelölöm tehát, az analógiát tovább folytatva, a számlap középpontját a Föld, az óramutatót a Nap jelképével. Mikor az óramutató a XII-re mutat, tehát a Nap a Kos jegyébe lép, kezdetét veszi a tavasz. Csak következetesek maradunk tehát, ha a XII mellé még a márczius 21-ikét, a Bika mellé április 20-ikát stb. írjuk. Az állatövet és e dátummutatót legcélszerűbben külön korongra rajzoljuk, mely az óra körül forgatható.

A perczmutató tizenkétszer oly gyorsan kering, mint a nagy mutató, s — legalább közelítésben — ugyanily sebességi viszonyban mozog az égen a Naphoz képest a Hold. Igaz, hogy a Hold keringése nem pontosan $\frac{1}{12}$ év, vagyis egy hónap, hanem csupán 27·32 nap és ezért további számításunk, melyben a Holdat egyszerűen a perczmutatóval azonosítjuk, sem lehet egészen pontos. A hiba azonban kicsiny és igen egyszerű számítással teljesen korrigálható; a számítás azon alapszik, hogy a Hold a Napnál nem 12-szer, hanem $\frac{365 \cdot 25}{27 \cdot 32} = 13 \cdot 37$ -szer gyorsabban mozog, úgy hogy a holdkeringés ideje $\frac{1}{9 \cdot 76}$ -del kisebb, mint az év 12-ed része. E számot a következőkben fel is fogjuk használni. Nem túlzott pontosság mellett mondhatjuk tehát, hogy a Hold 100/0-kal gyorsabban kering az égen, mint az órán az ő jelképe, a perczmutató.

A tényleges távolsági viszonyokat az órán persze nem lehet megtartani, mint-hogy a Nap négyszázszor távolabbra van a Földtől, mint a Hold. De ez nem baj, mert ha mozgásokat tanulmányozunk az égen, minden égi test, akár közel, akár távol legyen, ugyanarra a háttérre vetítődik, s mi úgy látjuk, hogy az égi testek képei kivétel nélkül azon a gömbfelületen függenek, melyet égboltnak nevezünk, s melyet ép ez okon P y t h a g o r a s, találó költői képpel élve, kristályszférának tart,

melyen a csillagok, mint megannyi arany-fejű szeg ragyognak. E szerint a mutatók nem is a Holdat és a Napot, hanem csupán e két égi test irányát jelölik.

Már most a perczmutatónak kétféle keringéséről szólhatunk. Vagy vonatkoztatjuk a Hold járását az álló csillagokhoz, a mutatóét a számokhoz, s ekkor kapjuk az úgynevezett sziderikus hónapot, a mely a mi példánkban 1 óra, a valóságban pedig 27·32 nap. De azt is kérdezhetjük, hogy miképen kering a Hold a Naphoz, a perczmutató az óramutatóhoz képest. Az analógia jogával élve egészen önkényesen felcserélhetem a Nap és óramutató, a Hold és perczmutató kifejezéseit. Ha pl. a Hold és Nap együttesen indul el a XII számtól, azaz márczius 21-ikén, miként a jövő évben megközelítőleg történni fog, egy órával későbbben a Hold ugyan megint a XII számon áll, de még egy darabig mennie kell, hogy az időközben szintén tova mozduló Napot utólérje. Ez utóbbi keringés adja a Holdnak a Naphoz viszonyított állását, tehát a Hold fényváltzásait, a tengerjárás jelenségeinek kiemelkedőbb momentumait és nem egy ember vélekedése szerint az időjárást is. Ennek meghatározása elől nem térhetünk ki. Tehát megint ama kérdés előtt állunk, mellyel már az iskolában is sokat zaklattak, hogy mily időközökben találkozik a két mutató?

Ha általában véve a nagyobb sebességű test N , a kisebb sebességű n időegység alatt teszi meg keringését, amaz egy időegység alatt a körkerületnek $\frac{1}{N}$ -ed, emez $\frac{1}{n}$ -ed részét futja be; x időegység alatt a megfelelő utak $\frac{x}{N}$ és $\frac{x}{n}$ -del egyenlők. Ha tehát a két test a kör kerületének valamely pontjából kiindulva első ízben ismét találkozik, a sebesebb test egy tel-

jes kerülettel nagyobb útat tett meg, azaz

$$\frac{x}{N} - \frac{x}{n} = 1, \text{ a miből } x = \frac{Nn}{n-N}.$$

A mi példánkban $N = 1$ óra, $n = 12$ óra, a két mutató tehát $x = \frac{12}{11}$ óra,

azaz $1^h 5^m 27\frac{3}{11}^s$ múlva találkozik. Most

konvertáljuk a 12 órát egy évre, akkor a középhónap, mint a $365\frac{1}{4}$ nap tizenkettő része, átlag $30\cdot44$ napig tart. Ha ennek tartamából levonjuk az előbb talált $9\cdot76$ -od részt (a mellyel a Hold gyorsabban mozog, mint a perczmutató), tényleg a Hold pontos sziderikus keringését kapjuk.

Az óráról tehát közvetlenül leolvashatjuk, hogy a Nap és a Hold $\frac{12}{11}$ hó,

azaz $\frac{12}{11} \times 30\cdot44 = 33\cdot21$ nap múlva fogna

ismét találkozni. A tényleges sebességi viszonyok miatt $\frac{12}{11}$ helyébe pontosabban

$\frac{13\cdot37}{13\cdot37-1}$ teendő, a mivel a találkozások

időköze $32\cdot90$ napnak adódnék. Ennek $9\cdot76$ -od része $3\cdot37$ nap, a mi, az előbbi számból levonva, $29\cdot53$ napot ad, s ez tényleg a Holdnak a Naphoz viszonyított keringése, az úgynevezett szinodikus hónap. Ilyen időnek lefolyása után a Nap és Hold a Földhöz képest megint egyformán áll.

Ha a Nap és Hold egyenes, pl. a XII felé mutató irányban áll, a Földnek (az óraszám lap közepének) ugyanazon oldalán a sötét felét fordítja felénk, nem láthatjuk és újhold van. Mintegy 7 nap múlva a két óramutató iránya derékszöveget zár be egymással, ekkor van első negyed. Ismét egy hét eltelte után a két mutató megint ugyanazon irányba esik, de most a Földnek kétellentétes oldalán: teleholdunk van. A következő újhold és telehold már

a következő állatövi jegyben jön létre, minthogy a napmutató egy hó alatt a XII számtól az I-ig vándorolt, tehát már egy egész állatövi jeggyel tovavonult. A fényváltozásokat magukat is egész könnyen ki lehetne tüntetni, ha a perczmutatóra kis gömböcskét erősítenénk, a kellőképen meghosszabbított óramutatóra pedig kis gyertyalángot állítanánk és a számlap közepére kis emberkét helyeznénk, a ki a Hold felé tekint. Ez úgy látja a Holdat megvilágítva, mint mi a valóságban az égen.

A régi római és görög naptár, a zsidó és török naptár még most is újholddal kezdi hónapját. Ha tehát — mint közelítésben a jövő évben — az újhold márczius 21-ikére esik: a zsidó naptár szerint ekkor van a Nizán 1-je, a török naptár szerint Dsu-1-hedse 1-je. Az igaz, hogy a kalendáriumi számolás szerint, a mely nem csillagászati alapon áll, hanem tisztán ciklikus, egy napi különbség bizony könnyen felmerülhet. Az óramutatók következő találkozója adja mindkét naptár szerint a következő hónapok elsejét stb., ha csak el nem felejtjük, hogy a mi óránkon minden 5 percz a valóságban $30\cdot44$ napnak felel meg, s hogy a Hold mintegy 100%-kal gyorsabban mozog, mint jelképe.

A török naptár felváltva 29 és 30 napos hónapokból áll, tehát szigorúan ragaszkodik a szinodikus hónap $29\cdot53$ napos tartamához, a zsidó naptárban ellenben más tekintetek is szerepelnek. Ők ugyanis elég bonyolult szökő ciklussal, több nap beiktatásával megegyezésbe iparkodnak helyezni a $12 \times 29\cdot5$ napos holdévet a Napéval, a mi miatt bizony tisztán a zsebórára alapított számítás egy-két nappal hamis is lehet.

Ugyanezzel a dologgal volna kapcsolatban a keresztény húsvét kérdése és a fogyatkozások is. Húsvét ünnepét a tavasi napéjegyenlőségi teleholdat követő

első vasárnapon üljük, tehát azon a vasárnapon, a mely a két mutatónak a XII-n túl eső első találkozását követi. 1901-ben márczius 21-ikén, csütörtökön indul ki a két mutató a XII-ből: újhold van; 14 nap múlva április 4-ikén, ugyanezen a heti napon van tehát telehold és ezért vasárnapon, április 7-ikén húsvét első ünnepe.

Ha a Hold és a Nap, miként az órán, tényleg egy síkban mozogna, minden újhold teljes napfogyatkozással, minden holdtölte teljes holdfogyatkozással járna. A valóságban azonban a két kör, melyet a két mutató járása közben leir, mintegy 50-kal hajlik egymás felé, és ennek következtében a Hold és a Nap a legtöbb esetben fogyatkozás nélkül halad el egymás felett. Ha az óramutató tengelyét változtatlanul meghagyva, a percmutató tengelyét 50-kal tudnók meghajlítani, a mi kor is a két mutató untalanut egymásba akadna, az árnyékvetésből a fogyatkozásokra is következtethetnénk.

Ha a napmutatóra fekete félkorongot ragasztunk, ez befödi mindazokat az állatövi jegyeket, a melyek a Nap jelenléte miatt nem figyelhetők meg, ellenben szabadon hagyja azokat, a melyek éjjel egünkön láthatók. A szabad fél közepén levő csillagok éjfélkor delelnek, a korong szélén állók az alkonyatban kelnek, illetőleg nyugosznak. És könnyen megítéljük, hogy hónapról hónapra, a mint a Nap mutatója egy-egy állatövi jeggyel tova megy, milyen csillagok merülnek fel a horizonton, melyek közelednek a Naphoz és melyek merülnek el. Ugyanily módon látjuk, hogy a Hold az egyes estéken mily állatövi jegyeket látogat. Ha tudjuk, hogy az állatövi jegyek egy teljes csillagzattal hátra vannak, a Kos jele tehát a Halak csillagképébe esik, kis csillagtérképpel együtt könnyű szerrel megítélhetjük, hogy az év bármely napján mily csillagok láthatók az égen. És azonnal észrevenni, hogy az éj egyazon órájában

a csillagos ég láthatósága ugyanazon alakban csak egy évi turnusban tér vissza.

De a napi mozgásra nézve is tanulhatunk egyet-mást. E tanulmányban csak egyetlen mutatóra van szükségünk, pl. az óramutatóra. Ez képviselje — mint előbb is — a Napot. Beföldjük ismét fekete félkoronggal, hogy eltakarja mind ama csillagokat, a melyek nappal nem láthatók. Az előbbiekből már tudjuk, hogy a Nap pl. május 21-ikén az Ikrek, június 22-ikén a Rák jegyébe lép; ha tehát az Ikrek vagy a Rák jegyét a XII órára állítjuk, oda, a hol a Nap delel, látni fogjuk, hogy a szemközti fekvő jegy épen éjfélkor delel, és hasonlóképen kijelölhetők ama csillagok, a melyek kelnek és nyugosznak. Minthogy az óramutató forgásiideje, 12 óra, megfelel a nappal 24 órájának, azért óráról órára követhetjük, mily állatövi jegyek delelnek, kelnek és nyugosznak a nap minden órájában, és az állatövi jegyeket vivő korong forgatásával az év minden napja számára is tanulmányozhatjuk ezt. A csillagos ég állásáról tehát minden pillanatban teljes fogalmunk lehet, ha egyébként ismerjük a csillagok helyzetét az állatövhez képest. Az állatkört természetesen minden hónapban egy teljes jeggyel hátrább kell forgatni.

A Napot jelölő mutató kétszer oly gyorsan mozog a számlapon, mint napi mozgásában a Nap; az órának ebből is csinos és hasznos alkalmazása támad. Kinyitjuk a fedelét és erre támasztván, ferdén állítjuk fel lapjával az órát. Ekkor a számlap, legalább a mi földrajzi szélességünk alatt, épen úgy áll a horizonthoz, mint az egyenlítő, vagy, a mi egyre megy, az óramutató tengelye teljesen egykőzű az ég forgástengelyével, feltéve, hogy a számlapnak most legmagasabb pontját (a mely a fedél sarka mellett fekszik s a mely egyszerű fedelű órákon rendszeren épen a VI) délfelé, legmélyebb pontját tehát észak felé irányítottuk. Ha 24 órára

beosztott számlapunk lenne, az óramutató tényleg minden pillanatban a Nap felé mutatna. De minthogy a tizenkettes beosztás következtében az óra kétszer oly gyorsan jár, mint a Nap, a Nap irányát úgy kapjuk, ha az óramutató és a számlap felül álló számához (az említett esetben a VI-hoz) vont irányt felezzük. Ez eljárás megfordítva kényelmesen és egészen megbízhatóan a világtájak fölkeresésére is szolgálhat, ha épen mágnesű nem áll rendelkezésre. E célból ráirányítjuk a Napra a XII szám, azaz a napdelelés pontjának és az óramutató irányának felezőjét az által, hogy az egész órát saját síkjában forgatjuk. Ekkor a VI—XII számot összekötő egyenes, vízszintesen lefelé, az észak-dél irány.

De az óra még beleszólhat abba az elkoperedett vitába is, mely a ptolemaeusi és copernicusi világfelfogás között dúlt, miként legalább egy bolygón könnyen bemutathatjuk. A mi Földünk éve kerek-számban 365 nap, a Jupiter egy teljes keringése épen 12-szer oly hosszú (pontosan 4332·59 nap, csak 50 nappal rövidebb, mint 12 év). Ha tehát a Napot a perczmutatóval azonosítjuk, a Jupiter képeül majdnem egészen pontosan az óramutatót választhatjuk. A pontosság ez esetben tényleg nagyobb, mint az előbbi példában, mely a Holdra és a Napra vonatkozott. Pusztá ismétlés lenne fölemlítenem, hogy épen úgy állapíthatjuk meg az év minden napjára, vajjon a Jupiter látható-e, mely időben és mely állatövi jegyben.

Állítsunk most a számlap közepére apró jelt, mely a Napot ábrázolja; a percz- és óramutatót lássuk el a Föld, illetőleg a Jupiter jelével. Ime a copernicusi rendszer mása, melynek közepontjában áll a Nap. Miként előbb a Hold fényváltozásai esetében, úgy állapíthatók meg most is azon idők, melyekben a Jupiter és a Nap a Földhöz képest ugyan

azon helyzetbe jut. Ha a kettő a Napnak ellentett oldalán van, azaz, ha a két mutató egymás folytatásában áll, a Jupiter a Nap sugaraiban rejtőzik, nem látható. Ez a konjunkció, az együttállás ideje. Ha a két mutató derékszöget zár be, beköszönt a quadratura, a negyedfény; ekkor a Jupiter délben, illetőleg éjfélkor kel és nyugszik. Ha végül a két mutató összeesik, a Jupiter oppozícióban, szembenállásban van a Nappal. Ez aspektus a legfontosabb, mert a Jupiter ekkor éjfélkor delel, napnyugtakor kel és reggel nyugszik, úgy hogy egész éjjel látható. Óránk tanúsága szerint az oppozíciók $\frac{12}{11} \times 365 \cdot 25 = 398 \cdot 5$ nap mulva

ismétlődnek. Tényleg, miként a feljebb adott példa utasítása szerint csekély javítással mi is számíthatnók, az oppozíciók minden éven túl 33·7 nap mulva ismétlődnek. Az óra ez időket tehát $\frac{1}{5}$ napra pontosan adja.

Ha az órát a Földet jelképező mutatónál fogva megfogom, a nélkül természetesen, hogy az óra járását megakasztanám, a Föld alkotja az összes mozgások középpontját, és az óralap és óramutató a perczmutató körül forog. Ekkor tehát a Nap egy év alatt a Föld körül kering, még pedig mindig ugyanazon irányban, a Jupiter pedig a perczmutatóhoz képest majd előre, majd hátra jut. Ez az előre futó, direkt mozgás együttálláskor a legnagyobb; szembenálláskor beáll a retrográd mozgás, a hátrálás. Az előre és hátra futó mozgást egy-egy oly pillanat választja el egymástól, melyben a két mutató egymáshoz képest állani látszik: ez a bolygó stacionálása, megállapodása. Az óramutató végpontja tehát teljesen ugyanazon sajátságos hurkokat adja, a melyeket tényleg észlelünk a Jupiter mozgásában minden évben, és az óraszámok segítségével meg is mondhatnók, mely állatövi jegyekben jönnek ezek létre,

és tér szerint és időben mikortól meddig tartanak. Értendőik, hogy ezt a kísérletet csak erős perczmutatójú és könnyű szerkezetű órával tehetjük.

Nos, ennyi mégis csak elég egy zsebrátót! Hiszen valamely kis csillagászati obszervatórium sem adhat külön világosítást! És ha egyszerű kis számítás-

tól nem rettenünk vissza, nemcsak eléggé pontos adatokat kaphatunk, hanem az eljárás, mint minden, a mi, bár csekély munkával is jár, élvezetet nyújt; mindenestre nagyobb, mint a planetárium, melynek értelem nélküli, nyikorgó mozgását bizonyára mélyebb gondolatok nélkül is nézzük.

KÖVESLIGETHY RADÓ.

A fekete fényről.

Láthatatlan sugarakat már régebben ismertek ugyan, de Röntgen fölfedezése volt az, mely irántok a figyelmet nagyobb mértékben felköltötte. Alig váltak közismertté a Röntgen-sugarak, már 1896-ban Gustav Le Bon a francia akadémiában akkoriban még befejezetlen és kezdetleges kísérleteiről szóló értekezését mutatta be. A kísérletek, melyekhez vagy két évvel azelőtt fogott volt, meglepőek; bizonyos láthatatlan sugarakkal olyan eredményeket ért el, mint Röntgen az x-sugarakkal: átlátszatlan testeken keresztül bizonyos tárgyakat lefotografizott. A ható sugarakban új sugarakat vélt fölfedezni s »*lumière noire*«-nak, »*fekete fény*«-nek nevezte őket. Utána a fekete fényvel mások is foglalkoztak; a kísérletek azonban sok esetben nem sikerültek. Többeknek és közöttük különösen Becquerel-nek, valamint magának Gustav Le Bonnak későbbi kísérletei tisztázták a dolgot, s kitünt, hogy a kísérletek nagy részében tényleg bizonyos láthatatlan, ha nem is új sugarak hatottak.

A fekete fény jelenségeinek egyik részét a hősugarak idézik elő. Tudvalevőleg a napspektrum látható részén kívül még mind a vörösön alul, mind pedig az ibolyán túl is vannak bizonyos sugarak. A vörösön aluli, az *infravörös sugarakat* más-

ként hősugaraknak is nevezik. Régebben e sugarakat csupán hőhatásaikból ismerték fel, még pedig nagyobb intenzitás esetén közvetlenül, kisebb intenzitás esetén pedig közvetve bizonyos elektromos szerkezetek segítségével. E szerkezeteknek főleg két típusa van. Az egyik a *thermoszlop*, mely azon alapszik, hogy ha két különböző fém érintkezése helyét melegítjük, a fémek között elektromos különbség keletkezik, s a mennyiben az érintkező fémek valamely vezető körnek részei, abban áram jó létre. A másik a *bolométer*, mely azt a jelenséget használja fel, hogy a legtöbb vezetőnek elektromos ellentételezése a hőmérséklettel változik.

Az infravörös sugaraknak szintén már régebben ismert, de kevés figyelemre méltatott tulajdonsága, hogy bizonyos testek foszforeszkálását kioltják. Egyes anyagok ugyanis besugárzás esetén színes fényben világítanak; az olyanokat, a melyeken a világítás bizonyos ideig a besugárzás után is megmarad, foszforeszkáló testeknek nevezzük, megkülönböztetésül azoktól a fluoereszkáló testektől, a melyek csupán a besugárzás tartama alatt világítanak. A nagy számban ismert foszforeszkáló testek közül a hősugarakkal való kísérletekre különösen a cizinkszulfid alkalmas. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a foszfo-