

Math. O.

1447

70

A Halley-féle üstökös.

IRTA:

DR. KÖVESLIGETHY RADÓ.

KÜLÖNLENYOMAT

A „TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY“ 504. FÜZETÉBŐL.

HO

BUDAPEST.

A PESTI LLOYD-TÁRSULAT KÖNYVSAJTÓJA.

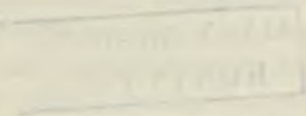
1910.

921309

A Halley-féle üstökös.

IRTA:

DR. KÖVESLIGETHY RADÓ.



KÜLÖNLENYOMAT

A „TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY“ 504. FÜZETÉBŐL.



BUDAPEST.

A PESTI LLOYD-TÁRSULAT KÖNYVSAJTÓJA.

1910.

**MTA
KIK**



A Magyar Akadémia Könyvtára

Magyar Akadémia Könyvtára

MAGY. AKADEMI
KÖNYVTÁRA

Magyar Akadémia Könyvtára

A Halley-féle üstökös.*

Rückert egyik bájos költeményében (Chidher) egy vándorról regél, a ki ötszáz évenként ugyanarra a helyre visszatér, de bár mindig más világot talál, mégis állhatatosan azt hallja, hogy itt soha semmi sem változott.

A Halley-féle üstököszt immár negyedszer fogadjuk a távcső felfedezése óta. Utolsó megjelenésében Bessel-nek a heliométeren tett nevezetes mérései már fölfedték természetének elektromos vonatkozásait és Arago fényelemzése nem hagyott kétséget fényének polárizált volta iránt. Ma távcsőóriásokkal várjuk; spektroszkóppal, fotografiai kamrával fotométerrel, rádiométerrel és érzékeny elektromos műszerekkel reméljük kicsalni titkait. Mekkora tudományos és technikai haladás! De az üstökös visszaemlékezhetik, hogy féltuczat keringéssel ezelőtt, 1456-ban Callixtus pápa nyilvános imákat volt kénytelen elrendelni a török és az üstökös elhárításáért, és látva, hogy silány füzetekben most is hirdetik bünei lajstromát, hogy kevésbé lelkiismeretes emberek különösen Oroszországban ugyancsak nyilvános imák tartására pénzt gyűjthetnek, elgondolkozhat azon, hogy századok tudományos fejlődése az embereken csak annyit változtatott, hogy dögvész és háború babonás félelme helyett most látszólag tudományosabb alapon a világ végét várjuk! Még mindig elkelnek jelek égen és földön, a melyek bár egy kis félelem árán, kissé másfelé is terelik az ember figyelmét.

*

Üstökösünk története, legalább Halley nevéhez kapcsoltnak, 1682-ig vezet vissza. Két évvel korábban fényes üstökös jelent meg, melyről Dörfel plaueni esperes biztossággal kimutatta, a mit Hevelius „Cometographiá“-jában az üstökösről általában már másfél évtizeddel előzőleg állított, hogy a Nap körül parabolában kering. Ugyanabban az időben Newton bebizonyította, hogy pályájának alakja és mozgása

* Társulatunknak f. évi márczius 11-iki népszerű természettudományi estélyén tartott előadás.

folytán a tömegvonzás általános törvényének hódol, a mi egy csapással véget vetett mindenféle üstökösbabonának.

Az akkori kor legnevesebb csillagászainak megfigyelései alapján számította Halley, Newton barátja, az 1682-iki üstökös pályáját, a melyről csakhamar kimutathatta, hogy az egykorú megfigyelések pontosságának határán belül az 1607-iki és az 1531-iki üstökösével azonos. Minthogy az évkönyvek hátramenőleg közel 75 éves időközökben az 1682-ikivel alakilag összehasonlítható üstökös megjelenéséről szóltak, Halley nem késett azok azonosságát és ezzel az égitest időszakos visszatérését kimondani és egyben meg is jövendölte, hogy 1759-ben újra megjelenik. E jövendölésben Halley már számolt azokkal a háborgásokkal, a melyeket az üstökös különösen a Jupiter és Saturnus vonzása következtében szenvedni fog és melyek visszatérését késleltetni fogják.

E háborgásokat Clairaut és Mme. Lepage pontosabban számították ki, a mi a háborgásszámítás akkori fejletlensége mellett ugyancsak nehéz vállalkozás volt. Úgy mondják, hogy a két csillagász egy álló évig még szerény ebédje idejét is meglopta, csakhogy idején elkészülhessen. Számításuk eredménye, hogy az üstökös 1759. április 13-ikán fog legközelebb állani a Naphoz, de hozzátették, hogy a bolygótömegek ismeretének bizonytalansága, a sietség miatt jelentéktelenebbnek látszó háborgások elhagyása és esetleg a Saturnuson túl lévő bolygó hatása folytán jövendölésük egy hónappal hibás lehet. És valóban az üstökös már márczius 13-ikán ment át perihéliumán.

A megelőző, teljes biztonsággal a Halley-féle üstökössel azonosítható megjelenések 1607-ből, 1531-ből, 1456-ból és 1378-ból ismeretesek. Az utolsóra vonatkozó számítások még kizárólag kínai megfigyeléseken alapulnak és túlnyomóan Ma-tuan-lin évkönyveiből származnak. Az európai kometografia ez időben nem megfigyeléseket tartalmazott, hanem az üstökös nyomában járó szerencsétlenségeket sorolta fel. E tekintetben még az 1538-iki üstökös is nagy zavarba hozta Európát: nem akadt semmi baj, a melyet nyakába lehetett volna varni. Végre egy Róma közelében két fejjel született borjú mentette meg az üstökös becsületét. Fontos esemény abban az időben, jegyzé meg egy élesnyelvű csillagász, melyben fejekre oly nagy szükség volt. A tudomány föllendülésének mégis örvendetes jele, hogy a Halley-féle üstökös 1456-iki megjelenése az első, mely már kizárólag európai megfigyelések alapján is tűrhetően azonosítható.

Történelmi följegyzések alapján a multba tovább követnünk az égi testet nem lehet. De a számítás mutatja, hogy egyebek között Kr. e. 11-ben is meg kellett jelennie, s hogy valószínűleg azonos az Augustus-

féle üstökösrel, melyet Róma szellemi életének aranykorában sokat emlegetnek a klasszikusok.

Ma biztosan tudjuk, hogy Krisztus születése jóval időszámításunk kezdeti éve előtt esett. 29-ben Jeruzsálemben teljes napfogyatkozás volt. Ha ezt a biblia följegyzése értelmében a Krisztus halálakor beállt fogyatkozással azonosítjuk, és életkorául 40 évet fogadunk el, a mi nagyon valószínűnek tetszik, akkor a Halley-féle üstökös nagyon könnyen vállalhatja a betlehemi csillag szerepét. Annál is inkább, mert az időszakos üstökösök csóvája minden következő megjelenéskor gyengülni szokott. Majd kétezer évvel ezelőtt tehát igen feltűnő égitest lehetett. Az a tudósítás, hogy a betlehemi csillag a napkeleti bölcsek előtt járt, rendkívül hosszadalmas számítás nélkül nem bírálható és nem értelmezhető biztosan. Annak a fölemlítésére szorítokozom tehát, hogy az ilyen kitétel a történelemben többször is ismétlődik: Diodorus pl. a Kr. e. 344-iki üstökösről azt írja, hogy egész éjjel látható volt és hogy Timoleonnak Szicília felé vitorlázó hajóhada előtt haladt.

*

Üstökösünk első megjövendölt megjelenése, mint már említettem, 1759-re esett. Először 1758. december 25-ikén a Drezda mellett lakó Palitsch földműves látta meg, a kinek elég jó távcsöve volt és a ki különben is a csillagászatban jártas volt. Szabad szemmel csak a perihéliuma körüli időben volt látható, de távcső segítségével 161 napon át figyelhették. Ezen aránylag hosszú idő keringésének csak 162-ed része, a mi már eléggé mutatja a pályaszámítás nehézségeit. Míg ugyanis a nagy bolygók, leszámítva a Nappal való együttállás rövid idejét, pályájuk minden pontjában észlelhetők, addig az üstökös láthatósága fénytelenessége miatt csak a Nap közvetlen szomszédságában fekvő ívdarabra szorítokozik. Már pedig ismeretes logikai elv, hogy a kicsiről a nagyra következtetni csak nagyobb hibák árán lehet.

Az üstökös e megjelenésében nem volt annyira fényes, mint 1682-ben, de csóvájának hossza május 5-ikén mégis 47^o-ot ért el.

A következő perihéliumátmenet 1835. november 16-ikán következett be, és a csillagászok ezt már három nap pontossággal mondhatták meg előre. Háromnapi késése is bizonyára csak annak tudható be, hogy akkor még nem ismerték a Neptunus bolygót, melynek perturbáló hatása nem elhanyagolhatóan csekély.

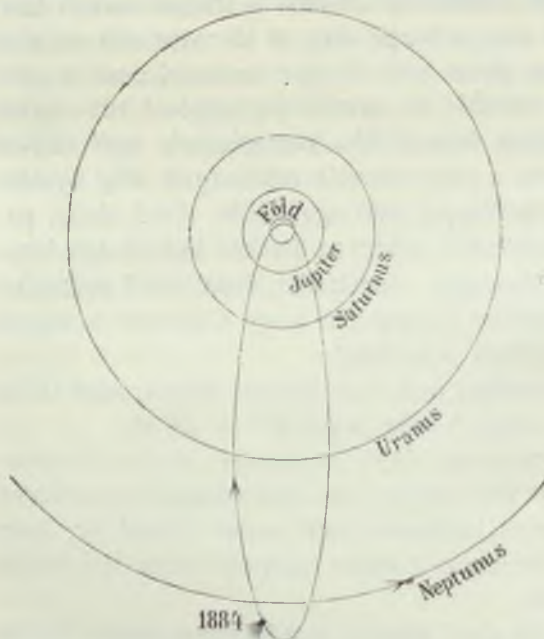
Az üstökös különösen B e s s e l gondos megfigyelései alapján fontos felvilágosításokat adott. Magvából ugyanis a Nap felé forduló és legyezőszerűen szétterülő kiáramlás indult ki, a mely csakhamar hátrafelé hajlott és a Naptól elfordult csóvába ment át. A kiáramlás az üstökös magvát a Nap középpontjával összekötő egyenes körül ingalengéseket végzett,

melyeknek periódusa 4,6 nap volt. Egész hasonló tünetényt mutatott az 1744-iki pompás üstökös is, melynek gondos, Heinsius-tól való rajzai csak Bessel megfigyelése után voltak helyesen értelmezhetők.



1. kép. A Halley-féle üstökös 1835. október 8-ikán. Bessel szerint.

Ezen ingalengések és a kiáramlásnak a csóvába való átfordulása kétségtelen jelei annak, hogy a Nap az üstökösnek finomabb, a csóvát alkotó részecskéire taszítólag hat, míg a sűrűbb magvat a Newton-féle törvénynek megfelelően vonzza. Jóval Bessel előtt már Olbers úgy vélte, hogy az elektromosságuk köze van az üstökös csóvájához; Bessel észleletei ezt kétségtelenné tették, noha a nagy csillagász óvatosságból általánosságban csak poláros erőkről beszél.



2. rajz. A Halley-féle üstökös és több bolygó pályája.

A csóva, az ég ostora, az üstökös babona tulajdonképpeni hordozója, tehát szintén elvesztette minden kisértetiességét: matematikailag tárgyalható idom, melynek még anyagi tartalmáról is

Már Newton tanította, miként lehet meghatározni az üstökös-csóva görbültségéből a benne fölemelkedő részecskék sebességét. Bessel-nek sikerült meghatározni a mozgó erő nagyságát és ezzel lehetővé vált a csóva alakjának megállapítása is. Zöllner, de különösen Bredichin tovább folytatták ezeket a tanulmányokat és ma egy ilyen égitest megjelenése után azonnal előre tudjuk jelezni a csóva lehetséges alakjait.

A csóva, az ég ostora, az üstökös babona tulajdonképpeni hordozója, tehát szintén elvesztette minden kisértetiességét: matematikailag tárgyalható idom, melynek még anyagi tartalmáról is

tudunk valamit, egészen függetlenül a színképelemzéstől. Valamint ugyanis a gyakorlott geológus szeme távoli hegynék lejtéséből meg tudja itélni a hegyet alkotó kőzetet, azonképpen a csóvában áramló anyagot is elárulja e függeléknek görbülsége.

Nem szólva az egyes típusok között előforduló átmenetekről, három fajta csóvát ismerünk; a leghosszabbtól és legegyszerűsebb csóvától a legrövidebb, erősen görbült csóváig haladva a Nap taszító erejének viszonya tömegvonzásához a 11·0, 1·3, 0·2 számokkal fejezhető ki. E számok közötti viszony megfelel annak, a mely a hidrogén, a szénhidrogének és a vas, vagy egyéb nehéz fémek molekulásúlya között fennáll. Innen az az egyebünnen is igazolható fölvetel, hogy a legkevésbé görbült csóvák hidrogén-, a legerősebben görbült csóvák nehéz fémrészecskéket tartalmaznak (3. kép).

A Halley-féle üstökösnek 1835-iki megjelenése, mely a tudományra nézve oly termékeny volt, a nagyközönségre némi csalódással járt. Legnagyobb fénye idején ugyanis Európa legtöbb helyén meglehetősen borús idő volt és a csóva is csak 18° hosszúságot ért el.

*

Az üstökös ez idén április 20-ikán reggel éri el perihéliumát. Elsőnek megtalálta tavaly szeptember 11-ikén Wolf Miksa Heidelbergben, természetesen fotografiai úton. Utóbb kiderült, hogy a Kairo melletti Helwan csillagvizsgálónak egy augusztus 24-ikén készült fölvetelén már rajta van.

December elején már spektroszkóppal is megfigyelhették az üstököst. Az első észlelések is nyilvánvalóvá teszik, hogy a Naptól kölcsönzött fény mellett már saját fényt is fejleszt és színképeinek egyik sávját Frost és Parkhurst Cambridge-ben (Massachusetts) a cziánhidrogénnel azonosították.

Az üstökös 1910. május 19-ikén reggel 3 órakor vonul el a Nap tányéra előtt, és ez az átvonulás legkedvezőbb esetben 1 óráig tart. Hét órával később a Föld az üstökös leszálló csomójában áll. Az üstökös ekkor $23\frac{1}{2}$ millió kilométernyire van tőlünk és csóvája, a mely a Naptól elfordul, természetszerűen felénk mutat. Megvan tehát a lehető-



3. kép. Üstökös-csóvák típusai.

sége annak, hogy a csóván áthaladunk, ha ez, a mi nagyon valószínű, 24 millió kilométernél hosszabb lesz. Innen a nagy félelem, a melyet nem csökkent a szinképelemzésnek épp most említett eredménye.

Május 1-jén üstökösünk a Vénust is tetemesen megközelíti. Nagyon valószínű, hogy e látogatást a Vénustól szenvedett nagy háborgásokkal fizeti meg s hogy ezért kissé megkésik, a mi a Földdel való találkozás lehetőségét csak fokozza.*

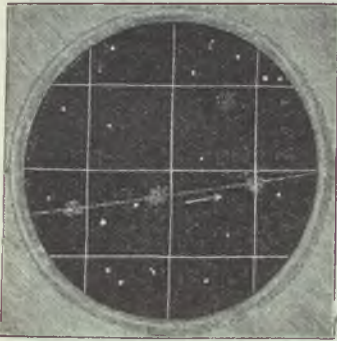


4. kép. Magnélküli és magvas teleszkópi üstökös.

A csillagász természetesen nagyon örül az üstökösnek két bolygóhoz való tetemes közeledésének, mert biztos kilátása van rá, hogy a Vénus tömegét pontosabban fogja tudni meghatározni, és mert némi reménye van, hogy az üstökös tömegéről is megtud valamit, ha többet nem, legalább nagysága felső határát.

A laikus, úgy tetszik, ezt az örömről nem nagyon osztja. Hogy maga is ítélhessen a kérdésben, elmondom röviden, hogy az üstökösökről mit tudunk.

*



5. kép. Az üstökös fölfedezése mozgása útján. Rajzunk egy távcső látómezejét ábrázolja, melyben több éjen át két, gyöngyfényű égitest volt észrevehető. A felső a csillagok között nem változtatta helyét, az alsó a nyíl irányában mozgott és minden következő éjjel tovább, jobbra került; utóbbi üstökösnek bizonyult.

Az üstökös első feltünése alkalmával halvány ködfolthoz hasonló, többé-kevésbé korongalakú égitest (4. kép). Ekkor már aránylag közel van a Naphoz és Földhez, mert gyenge fénye miatt nagyobb távolságban nem is látható. A távcső feltalálásáig mintegy 500, természetesen szabad szemmel látható üstökös ismertek; ezóta vagy 300-at fedeztek fel, és e 800 üstökös közül csak 7 van, mely napközelségében kétszer oly távol van a Naptól, mint a Föld, vagy még ennél is távolabb.

Az üstököskeresést most rendszeresen üzik, majdnem kizárólag a fotográfia segítségével (5. kép), és alig van év, a melyben átlag 6 új üstökös fel ne fedeznének.

Régebben a távcsővel való fürkészés eléggé fáradtságos volt; Messier, Herschel Karolina és Pons, a marseillei csillagvizsgálónak portása, különösen szerencsés üstökös vadász volt.

* A Halley-féle üstökös pályáját 1908. augusztus 5-ikétől 1910. július 22-ikéig lásd a Természettud. Közlöny 500. és 501. füzetében (1910. évf., 180. és 264. lapon).

A mint az üstökös a Naphoz közeledik, fejlődésnek indul. Fénye és térfogata megnő, magva élesebbé válik. A magból fénylő anyag emelkedik a Nap felé, mely kis magasságban, szökőkút visszahulló sugarainak módjára, a Naptól látszólag taszítatva, visszafordul és a csóvát alkotja. A mag fölött, az azt körülburkoló üstökben, némelykor e fénylő anyagnak több íve lebeg, körülbelül úgy, mint a hogy a hajó orra előtt a hullámok egy rövid sora vonul. Azt gondolhatná az ember, hogy szinte sorozatos exploziószerű párolgás termékeit látja. E fénylő ív, a hátraforduló anyag és a csóva nagyjában keskeny hiperbola alakot ad az üstökösnek, melynek csúcsához közel ragyog a kevésbé élesen határolt mag.

A csóva a Naptól mindig elfordul (11. rajz); igen ritka esetben észleltek rövid, a Nap felé mutató csóvát is. Szélei fényesebbek, mint a közepe, és ezért azt a láttszatot kelti, mintha átlátszó anyagból készült üres kúp volna. Az üstökös haladása irányához képest rendszeren kissé elmarad, mintha csak ellenálló közegben mozogna. Midőn az üstökös napközelségében pályájának a Nap körül gyorsan görbülő ívét futja be, az akkora már erősen fejlett csóva valóban szédítő sebességgel suhint végig az égen. El nem képzelhető, hogy összefüggő, folytonos anyag ezt az óriás forgássebességet kibírhatná, és ezért könnyen fölmerülhet az a gondolat, hogy a csóva olyan valami, mint például a fiumei világítótorony sugárkévéje, mely a Quarnero vize fölött forogva végigszáguld és melyet a levegőben lebegő porszemek, vagy köd csak még fényesebbnek láttatnak.

Az üstökös csóvája és üstöke teljesen átlátszó. Ha ugyanis az üstökös valamely csillag előtt elhalad, ez fényének legkisebb gyengítését és legkisebb eltérítését sem okozza. Ezt csak úgy érthetjük, ha föltesz-



6. kép. Az 1858-iki Donati-féle üstökös.



7. kép. A Donati-féle háromcsóvájú üstökös 1858-ban.

szük, hogy az üstökös apró szilárd részecskék halmazából áll, mert mind a szilárd, mind a folyékony és a gáznemű égitestek elnyelik és törlik a fényt. A most megjelent Halley-féle üstökös is eltakart 1909. december 5-ikén egy apró, 12-edrendű csillagot.



8. kép. Az 1861-iki üstökös.

Ezt a felfogást nagyon támogatja az üstökös fényének polarizált volta, az üstökösök csekély tömege, színképi elemzése és különösen hullócsillagrajokra való szétbomlása.

Üstökösök gyakran közelítenek meg bolygókat, és mindannyiszor erős háborgásokat szenvednek a nélkül, hogy a bolygók mozgását a

megmérhetőség határain túlmenőleg módosítanak. Az 1889-iki Brooks-féle üstökös például 1886-ban a Jupiter holdjai között vonult el, de míg e holdakra érezhető hatással nem volt, addig a szenvedett háborgások 27 évi keringésidejét 7 évre csökkentették.

Ilyenféle ismeretek természetesen nem vezetnek az üstökös tömegének pontos nagyságára, hanem annak csak egy felső határát szolgál-



9. kép.



10. kép.



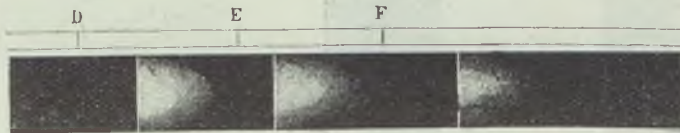
11. rajz

9. kép. Brooks üstököse 1893-ban. Barnard fotografiája szerint. — 10. kép. A Gale-féle üstökös 1894-ben. Barnard fotografiája szerint. — 11. rajz. Az üstökös csóvája mindig elfordul a Naptól.

tathatják. Nagyon valószínű, hogy a Föld tömegének milliomodrészén alul marad, a mi azonban még mindig tekintélyes anyagmennyiség. De minthogy ezen anyag nagy térfogatra oszlik meg, az átlagos sűrűsége, — és ezen elem volna a Földdel való esetleges találkozás esetén első sorban döntő — nem nagyobb, mint legfőlebb 3 mm nyomás alatt Geissler-csőbe zárt levegőé.

Az üstök színe folytonos színszalag, melyet a Nap színeének Fraunhofer-féle vonalai szakítanak meg s mélyen az üstökösök jellemző, a látható részben három sávból álló színe fekszik (12. és 13. kép). Folytonos színe ismét arról tanuskodik, hogy az égítestekben szilárd részecskék vannak, melyek a Nap fényét visszaverik. De a három sáv, mely a szénhidrogének, vagy a velük rokon szénoxid- és cziángázok színe, azt mutatja, hogy a fényvisszaverő szilárd részecskék között izzó gázok vannak, melyek a szénvegyületek osztályába tartoznak. De mindezek a gázok csak akkor jelenkeznek, ha az üstökös elég közel jutott már a Naphoz. Ha a távolság még fogy, és ezzel a hőmérséklet még tovább is nő, a nátrium, sőt az izzó vas fényes vonalai is fölismerhetők. A mint azonban az üstökös a Naptól távozik, színe halványodik, fémvonalai kialusznak; üstöke fogy és csóvája is enyészik.

Mindez nagyon egyszerűen érthető, ha fölteszszük, hogy az üstökös



12. kép. A Winnecke-üstökös színe. Köhler szerint.



13. kép. A szénhidrogén színe. Köhler szerint.

magvát alkotó szilárd részecskék a fentnevezett gázokat magukba zárva tartalmazzák. A hőmérséklet növekedésével, tehát a Nap közelében, e gázok kiszabadulnak és feszültségük nő. Az üstökös tehát valóságos légkörre tesz szert. De ilyen légkör égítest körül állandóan csak akkor maradhat meg, ha az égítest tömege, adott hőmérséklet mellett, elegendőképpen nagy. A Hold például kisebb, semhogy jelenlegi hőmérséklete mellett a legkönnyebb gázból alkotott légkört is visszatarthatná és még inkább áll ez az üstökösökről. Ehhez járul még, hogy a Nap elektromos távolhatása az alig szerzett légkör elűzését tetemesen elősegíti.

Nem nehéz tehát felfogni, hogy a Naptól ismét távozván, az üstökös gáznemű anyaga gyorsan vész és hogy ismételt visszatérés esetén a csóva mindig szegényesebb lesz.

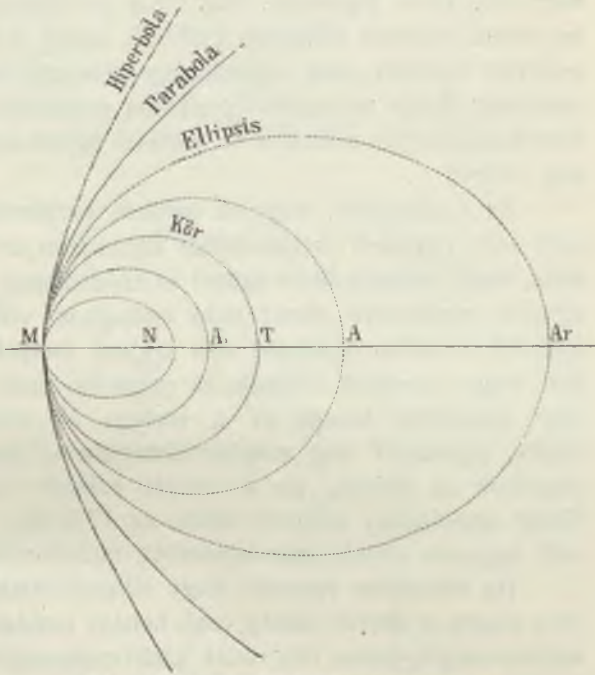
Ezen egész okoskodásunk helyessége döntő kísérletekkel megvizsgálható. Az üstökös sajátlagos színe, bár szénhidrogénre vall, nem állítható elő a szénhidrogének közvetlen elégeése által. Makacsul tipikus,

apró különbségek maradnak, melyeket eltüntetni csak egyféle móddal lehet, ha a nevezett gázokat elektromos szikrával izzítjuk. És az üstökösrel teljesen azonos színeképet kapunk, ha jól kiszivattyúzott Geissler-csőbe apró meteordarabot teszünk és melegítve a belőle fejlett gázon át vezetjük a Rhumkorff-féle gép szaggatott áramát. Újra felbukkan az üstökös rokonsága a meteorokkal és fizikai alkotásában az elektromosság szerepe.

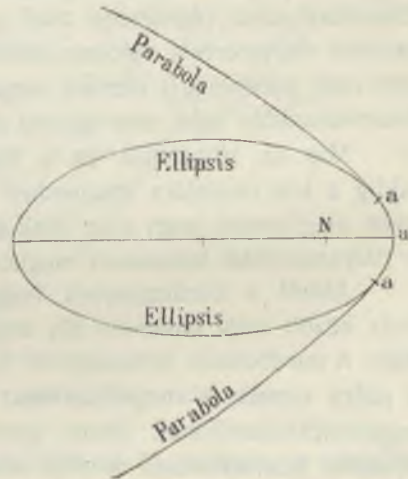
*

Kissé behatóbban kell foglalkoznunk az üstökösök mozgásával, hogy a hullócsillagokkal való rokonságot kellemesen megérthessük.

Említettem, hogy az 1680-iki üstökösön ismerték fel először, hogy pályája parabola és Newton kimutatta, hogy ezen pályaalak az általános tömegvonzásnak megfelel. A többi lehetséges pálya a kör, az ellipszis és a hiperbola (14. rajz). A bolygók, mint tudjuk, a körtől csak nagyon kevésé eltérő ellipszisekben mozognak. Ha azonban ilyen ellipszist mindjobban megnyújtunk, akkor elvégre, a határesetben, parabola lesz belőle (15. rajz). Míg az ellipszis még zárt vonal, addig a parabola nyitott, és a hiperbola még inkább az. Hogy a lehetséges pályaalakok között valamelyik égitestnek melyik jut, az tisztán mozgásának kezdeti sebességétől függ.



14. rajz. Az égitestek különböző pályái.



15. rajz. Ellipszis- és parabola-pálya.

Ha valamelyik égitestnek a sebessége a Naptól abban a távolságban, a melyben a Föld is áll, 30 km másodpercenként, akkor kört ír le. Ha a sebesség ennél nagyobb, akkor ellipszist. Ha a sebesség pontosan 42 km másodpercenként, akkor a pálya parabola lesz, és ha ismét ennél nagyobb, akkor hiperbola. Míg tehát az ellipszis és a hiperbola számára az esetek végtelen sokasága kedvező, addig a kör és a parabola határesetének számára csak egyetlenegy sebesség felel meg. Annak a valószínűsége, hogy az üstökös pontosan parabolában keringjen, tehát végtelenül kicsiny és a hiperbola esetével együtt dinamikailag nehezen, vagy alig érthető.

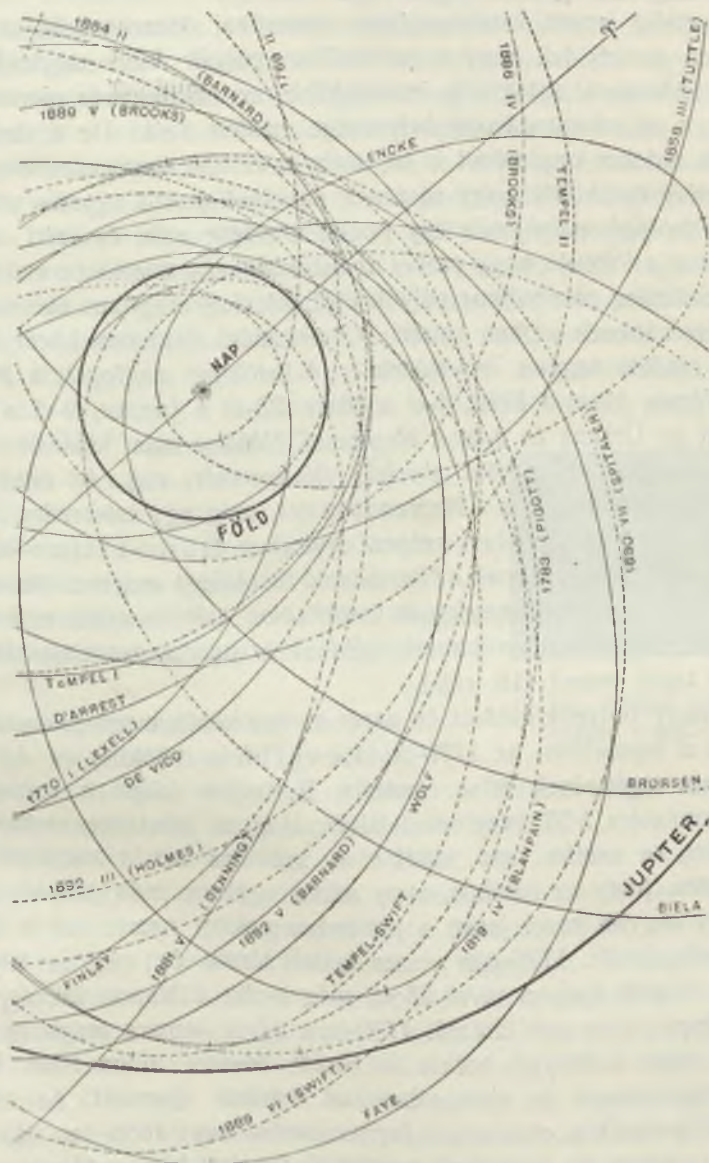
Az a kijelentés, hogy az üstökös parabolában kering a Nap körül, ezek után egyszerű matematikai képzelődés, és az abból vont következtetés, hogy valamely ilyen égitest az állócsillagok világából jön és a Napot egyszer megkerülve ismét más csillaghoz visszatér, egyszerű szólam, melynek filozófiai tartalmát nem szabad mélyebben kutatni. Igaz azonban, hogy elnyújtott ellipszis és parabola azon a kis darabon, mely a Nap közelében fekszik és a melyen az üstököst egyáltalán figyelhetjük, egymástól alig megkülönböztethető, ezért gyakorlatilag teljesen megokolt és helyes, ha a pályát ezentúl is parabolának mondjuk. Eddig egyetlenegy üstökös akadt, az 1770-iki, a melynél a parabolától való nagyobb eltérés már kezdetben mutatkozott.

Ha tekintetbe vesszük, hogy ellipszis alakú üstökőspálya és parabola között az eltérés mindig csak néhány ívmásodpercze rúg és hogy az üstökös megfigyelése, magvának határozatlansága és gyors változása következtében szintén másodperczekre hibás lehet, könnyen be fogjuk látni, hogy az eddig számított *nem* parabola alakú pályák értéke is nagyon kétes. Elliptikus pálya véglegesen csak akkor nevezhető biztosítottnak, ha az üstökös visszatérését valóban észlelték. Mint láttuk, Halley üstökösének csak parabolikus elemeit ismerte, a mi korábbi megjelenésekkel való összehasonlítás után nem gátolta meg időszakos voltának fölismerésében.

Míg az ellipszisek és a hiperbolák egymás között különbözők, addig a kör mintájára valamennyi parabola egymással hasonló, és könnyen megérthető, hogy ezen csak a pálya méretében mutatkozó különbség a pályaszámítást tetemesen megkönnyíti.

Abból a körülményből, hogy a parabola az ellipszis és a hiperbola között mint határeset áll, még más érdekes következtetés is vonható. A parabolikus sebességnek legkisebb mértékben való megváltozása a pálya nemét is megváltoztatja: a legkisebb késleltetés ellipszist, a legjelentéktelenebbnek látszó gyorsítás hiperbolát fog létrehozni. De ilyenféle beavatkozásra mindig bőven van alkalom; leggyakoribb a bolygók vonzása. Valamely üstökös számára ilyesféle beavatkozás valószínű-

sége nyilván annál nagyobb, mennél hosszabb ideig tartózkodhatik a vándor égitest a bolygórendszer terén belül. És ez nyilván a pálya-



16. rajz. Az üstökösök Jupiter családjá. Payne szerint.

hajlásától függ. Mennél meredekebben szeli át az üstökös az ekliptika síkját, a melynek közelében az összes bolygók keringenek, annál gyors-

sabban vonja ki magát a bolygók hatása alól. De ha a pálya az ekliptikával csak kis szöveget rekeszt be, akkor az üstökös nyilván hosszabb ideig vesztegelhet egyes bolygók közelében.

Az eddig ismert üstökőspályák statisztikai összehasonlítása csakugyan azt tünteti fel, hogy a parabolikus pályák mind nagyhajlásúak, míg az időszakos üstökösök mindinkább az ekliptikához menetelesen hajlanak, a mi okoskodásunk helyessége mellett szól. De a statisztika még más érdekes eredményt is ad, mely az előbbit lényegesen kiegészíti. A visszatérő üstökösök nagy részének naptávoli pontja ugyanis valamely nagyobb bolygó pályájának egy pontja közelébe esik, és ezért nagyon megokolt az a föltevés, hogy ezeket az üstökösöket a közelükbe eső bolygó terelte eredetileg parabolikus pályájukból, jelenlegi elliptikus útvonalukba. Naprendszerünknek jobban ismert 90 visszatérő üstököse közül 70-nek ilyenmű eredete nagyon is valószínű: 4 üstökösöt megfogott a Merkúr, 7-et a Vénus, 10-et a Föld, 4-et a Mars, 23-at a Jupiter, 9-et a Saturnus, 8-at az Uranus és 5-öt a Neptunus. Néhány más időszakos üstökösnek pályája a Nap-Föld távolság 70-szeresére rug, és ezért valószínű, hogy e távolságban a Neptunuson túl, még egy ismeretlen bolygó kering. E távolság különben szépen egyezik a Bode-Titius-féle szabályal, mely a bolygóknak a Naptól való távolságát megbecsülni engedi.

Az egy bolygótól megfogott üstökösöket üstökös-családnak nevezük; ilyen értelemben szólhatunk például a Jupiter üstököscsaládjáról, mely 23 tagot számít (16. rajz).

A nagy bolygók hatását és ezzel az üstökösök megfogásának módját talán a legszebben az 1770-iki Lexell-féle üstökös, az ég egyik mozgalmas regényének hőse, mutatja. Keringése idejét a csillagászok nagy bámulatára 5·57 évnyniek találták. Hogyan lehetséges tehát, hogy se azelőtt, se azután nem látták? A számítás azt a meglepő eredményt adta, hogy az üstökös, mely addig egészen más pályán haladt, 1767-ben nagyon közel jutott a Jupiterhez; ekkor nyerte azt a feltűnő rövid keringésidőt. 1776-ban vissza kellett térnie és meg is tette. De ekkor a Földtől nagyon távol állott, még pedig a Napon túl, úgy hogy semmiképpen sem volt látható. 1779-ben újból annyira megközelítette a Jupitert, hogy e bolygó hatása a Napét 24-szer multa felül. Pályája ismét megváltozott és ránk nézve az üstökös elveszett. Az 1889-iki Brooks-féle üstökös ellenben a Jupiter hatása alatt 1886-ban oly pályát nyert, a melyben 27 év helyett, ezentúl 6 év alatt kering. Minthogy 1779 és 1886 között közel 108 év van, mely 27-nek négyszerese és a Jupiter keringésének 9-szerese, nem valószínű, hogy a Brooks-féle üstökös az elveszettnek vélt Lexell-félével azonos.

A mi az üstökösre, mint egészre szólt, az egyes részeire is alkalmazható. Individuumoknak véve ezeket, egymással párvonalas parabolikus pályákon mozognak. A legkisebb egyoldalú behatás a laza részek pályáit könnyen megváltoztatja és ezzel megindul az üstökös szétdarabolása. Hozzájárulhat még a dagálykeltő erő hatása, mely a Nap, vagy valamely bolygó közelében a lazán összefüggő tömeget széjjelhúzni törekszik. Így érthető a Biela-féle üstökösnek 1846-iki kettéválása (17. kép), az 1882-iki és az 1889-iki Brooks-féle üstökösnek oszlása. Így értelmezendők azok a megfigyelések is, a melyek közül a legmeglepőbbet ideiktatom.

Az 1668., 1843., 1880., 1882. és 1887. évi üstökösök pályaszámításai azonos eredményre vezettek, és a megjelenés ideje mégis kizárja, hogy ugyanazon égitesttel van dolgunk. Nem marad más, mint föltennünk, hogy egy óriás üstökös töredékeit észleltük, mely valamikor darabokra szakadt. Ha tudjuk, hogy ezek az üstökösök a napközelségben csak 800000 km-re vannak a Nap felszínétől, e feldarabolás oka eléggé közelfekvő: a Nap dagályhatása. Darwin „A tengerjárás és rokon tűnemények Naprendszerünkben“ című népszerű könyvében gyönyörűen tárgyalja az úgynevezett Roche-féle határt; minden égitest körül éles távolsági határ jelölhető ki, a melybe idegen égitest épségének veszélyeztetése nélkül nem hatolhat be.

Az 1843-iki üstökös különben arról is nevezetes, hogy több helyen egy időben, fényes nappal fedezték fel. A ki a szemét a Naptól eléggé megvédte, ugyancsak nappal még 5^0 hosszú csóvát is láthatott.

Ha ez a feldarabolás még tovább tart, az üstökös elvégre hullócsillagrajba megy át, és úgy látszik, ez minden visszatérő üstökös végsorsza. E körülményre az augusztus 10-iki és a november 13-iki hullócsillagok rajának pályaszámítása terelte a figyelmet. A körülbelül egy időben Schiaparelli-től és Oppolzer-től számított eredmény az volt, hogy az augusztusi perseida-raj az 1862. III. Swift-féle üstökösnek, a novemberi leonida-raj ellenben az 1866. I. Tempel-féle üstökös pályájában kering (18. rajz). Ezzel a hullócsillag és az üstökös egymáshoz tartozósága be is volt igazolva. Ma pedig igen sok hullócsillagrajt ismerünk, mely ugyancsak ismeretes üstökösökkel rokon.

Sőt a rajnak pályája mentén való eloszlása korának is bizonyos mértékéül szolgálhat. A novemberi hullócsillagfelhő keringésideje $33\frac{1}{4}$ év, és ez egyszersmind a sűrű csillaghullás időszaka, a mely rendszeren egy-két évig tart. Ebből következtethető, hogy e raj oly felhőt alkot,



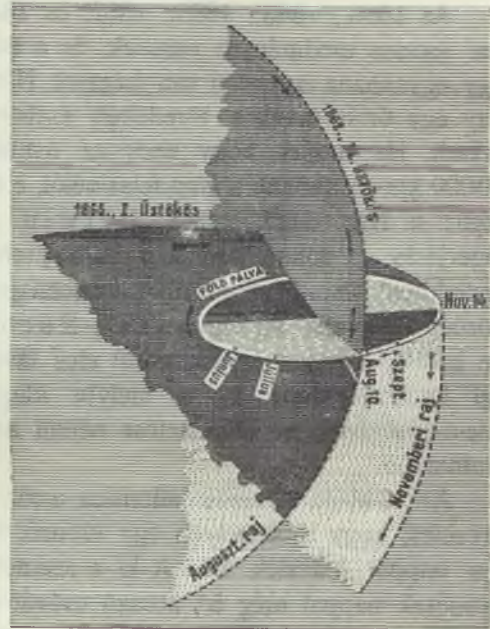
17. kép. A Biela-féle üstökös oszlása (1845—1846).

a mely a pályának csak mintegy $\frac{1}{15}$ -ét tölti ki. Ezzel szemben az augusztusi hullók keringésideje 121 év, de évről-évre a csillaghullás egyforma intenzitásban észlelhető. Ez annak a jele, hogy e raj már egyenletesen oszlott meg egész pályája mentén, és sűrűsödési helyei nincsenek (19. rajz). Az előbbi raj tehát a fiatalabb; a számítás csakugyan ki is mutatja, hogy az Uranus volt az a bolygó, mely 126-ban a később hullórajba átment üstökös rendszerünk számára megfogta.



18. rajz.

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



19. rajz.

19. rajz. Az augusztusi és novemberi meteorraj napközeli része.

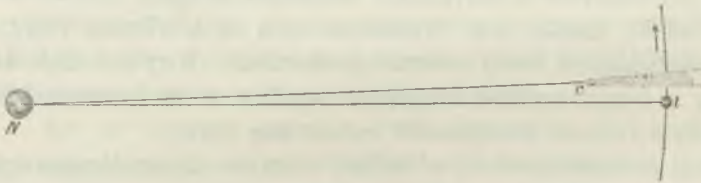
A rokonság legközvetlenebb bizonyítékát mégis a Biela-féle üstökös adta, a melynek csóváján át a Föld 1872. november 27-ikén áthaladt. Az eredmény gyönyörű csillaghullás és a már 1846-ban kettészakadó Biela-féle üstökös teljes szétszórása volt. Minden év november végén keresztülhatolunk törmelékein, melyeket ily módon mindinkább ritkítunk. 1885-ben Mazapilben, Mexikóban, ily alkalommal 41 kg-os meteorvas esett, mely kimutathatólag a Biela-féle üstökösnek töredéke.

Ily nagyobb tömegű meteoritek már a kivételekhez tartoznak. Rendszeresen csak pár grammnyi testcskével van dolgunk, melyek a felső

légrétegekbe 42 km sebességgel behatolva, már tetemes magasságban teljesen elégnék. Tömegük e mértéke felvillanásuk magasságából, sebességökből és a kifejtett fényből következtethető. A rendes körülmények között egy helyről egy éj lefolyása alatt látható hullócsillagok számából következtették, hogy naponként az egész Földre mintegy 15 millió hullócsillag esik, és bizonyára még nagyobb azoknak a száma, a melyek kicsinsységük miatt nem is láthatók. Ebből megítélhetjük, mily kitünő védőpánczél a Föld légköre.

*

Az eddigi tapasztalataink annyi különféle oldalról támogatják néze-teinket és oly szoros egységgé fűzik, hogy feltevésünk az üstökösök természetéről, fölöttébb valószínű. Ezek az égitestek e szerint apró szilárd részecskékből állanak, a melybe gáznemű szénvegyületek vannak zárva. A Naphoz közeledve e gázok kiszabadulnak és elektromos izzásba jutnak. Eleinte a Nap felé emelkednek, de a középponti test e részecs-



20. rajz. A Föld belemélyed az 1861-iki üstökös csóvájába; az áthaladásról még csak sejtelmünk sem volt, csupán az üstökös helyzetének kiszámítása után, utólagosan jutott tudomásunkra. *N* Nap, *c* az üstökös feje, *t* Föld.

kékre gyakorolt valamelyes taszítása következtében hátrafelé görbülnek és a Nappal ellentétes irányban, az üres tér felé áramlanak. Bolygók szomszédságában az üstökös feje foszlik és alkotórészei meteoritek alakjában hullanak felszínére. Az égitest átlagos sűrűsége mellett az üstökkel való találkozás sem eredményezhet csillaghullásnál egyebet, a csóván való áthaladás pedig nem veszedelmesebb, mint ha áttörünk egy napsugáron, melyben porszemecskék kergetődznek.

Az üstökösnek belső magva természetesen sűrűbb és a maggal való összeütközés dolga ily egyszerűen nem intézhető el. A találkozás lehetősége megköveteli, hogy az üstökös és a Föld pályavonala egymást messe és hogy a két égitest egyidőben álljon a két pálya metszéspontjában. Minthogy az üstökös pályája a bolygók háborgása miatt elég gyorsan változik, az erre vonatkozó számítások pedig nagyon is körülményesek és mert a jövőben megjelenendő üstökösökről mitsem tudunk, egyelőre a valószínűségi számításra szorulunk. Számos tudósnak egybevágó eredménye, hogy az üstökös magvával való összeütközés valószínűsége

nem nagyobb, mint az, hogy vak ember az ég felé löve, madarat talál, vagy hogy nincsen halálnem, a mely kevésbé volna valószínű, mint hogy ily vándor égitest oltja ki életünket. A mire ily maggal való összeütközés kérdése időszerűvé válik, róla is többet fogunk tudni, sőt nagyon valószínű, hogy éppen a Halley-féle üstökös ad újabb felvilágosítást, ha sikerül ugyanis május 19-ikén a Nap korongja előtt való elvonulását megfigyelni. A Nap fénye nem szűrődhetik át az üstökös testén a nélkül, hogy tudásvágyunkat, legalább részben, ki ne elégítse.

*

Fenti elméletünkben még egy hézag van, mert nem jelöltük ki közelebről azt az erőt, a melyet a Nap az üstökös csóvarészecskéire gyakorol.

A csóva első magyarázója Kepler volt; magyarázata, a melyet időközben el kellett vetni, ma újra helyesnek bizonyul és elfogadható. Kepler idejében ugyanis azt gondolták, hogy a fény kilövelt anyagi részecskékből áll, melyeket a fényforrás, másodpercenként 300000 km sebességgel lövel ki. Ezután már természetes volt az a feltevés, hogy e részecskék a megvilágított testre nyomást gyakorolnak. Kepler tehát azt gondolta, hogy e fényrészecskék magukkal ragadják az üstök részecskéit, a mi csakugyan a Nappal szembenálló csóvát hoz létre.

Am a fény emisszióelméletét el kellett vetni és ezzel a fénynyomás létezésének gondolata is elesett. Csak a legújabb időben mutatta ki Maxwell, hogy a fény természetének mostani értelmezése mellett is a fénynek nyomást kell gyakorolnia, és Lebedew orosz fizikusnak sikerült is ezt kísérletileg nem csupán bemutatni, hanem valóban meg is mérni. Ezzel Kepler felfogása ismét megnyerte a szükséges alapot. Mellékesen megemlítem azt is, hogy Mitchell skót fizikusnak csavarási mérlege, melylyel a régi felfogás szerinti fénynyomást meg akarta mérni, ma a fizikusnak legérzékenyebb készüléke, egyszersmind a báró Eötvös-féle ingák őse.

A fénynyomás elmélete mutatja, hogy átlátszatlan cseppecskék, vagy porszemek a fénynyomás következtében a Nap felületén a nehézségi erővel szemben lebegve maradnak, ha átmérőjük 1500 vagy 220 milliomod mm, a szerint, a mint anyaguk víz, vagy vas. Ha a részecskék ennél nagyobbak, visszaesnek a Napra, ha ellenben kisebbek, kilöketnek a térbe. Már most a Nap felsőbb rétegeiben állandó heves kitörések vannak, melyek a Föld vulkáni kitöréseinek módjára, nagymennyiségű elektromosság fejlesztésével járnak. Ennek folytán katódsugarak keletkeznek, melyek a gázok molekuláit pozitív és negatív ionokra bontják. Ezek az ionok, különösen pedig a negatív töltésű ionok, a folyékony állapotba átmenő gázok kitünő sűrűsödési magvai.

A Naptól eltaszított porszemek tehát túlnyomóan negatív elektromosság hordozói. A Földet is 20—30 óra mulva érik és annak külső rétegeiben előidézik egyéb mágneses és elektromos tünetenyeken kívül a sarki fényt, melynek a katódsugarakhoz hasonló természetét már régebben ismerjük. Már Kant felismerte hogy a Föld sarki fénye az üstökösök csóvjához hasonlítható. E negatív töltésű részecskék egyszerűen világitóvá teszik az üstökös részecskéit, melyek a fény nyomására az üstökös árnyékterébe hajtatnak. A szénhidrogének, mint könnyen sűrítendő gázok különösen hordozói e negatív elektromosságnak.

A felsorolt hatások mellett, melyek a fénylő égitestek között valóságos anyagcserére mutatnak, holott eddig csillag és csillag között összekötő kapcsolul csak a fényt és a tömegvonzást ismertük, még közvetlenül elektromos távolhatások is nyilvánulhatnak. A Nap fényében bőven meglevő ibolyántúli sugárzás hatása alatt is megindul az ionizálás és a negatív töltésű részecskék eltaszítása, úgy hogy két ható egyesül ugyanazon hatás erősítésére. Nagyon valószínű, hogy a Nap külső rétegei, vagy ezekben legalább is a hidrogén, negatív elektromosságú és így az üstökös részecskéi nemcsak a fény nyomása, hanem a két égitest külső rétegeinek egymással elektromozása miatt is eltaszítódnak a Naptól.

Ez az elmélet, mely a Föld mágneses és elektromos jelenségeinek a napfoltok gyakoriságával való összefüggését jól magyarázza, újabb időben a felső levegőrétegek meteorológiájának megértésében is fontos szerepet visz. Oly években, melyekben a napfoltok száma nagy, a Nap elektromosan erősebben hat és ilyenkor az üstökösök csóvjája is fényesebb. Az Encke-féle üstökösre ezt kimutatták és a statisztika szerint foltokban dús években az üstökösök száma is nagyobb, a mi csak annyit jelent, hogy egyébként gyenge fényű üstökös, erősebben gerjesztve, könnyebben válik láthatóvá. Ha tehát egy üstökös csóvján átmegyünk, akkor a benne áramló szinte végtelen kis részecskéknek mégis lehet valamelyes látható hatása, jelesen, hogy az eget, sarki fény módjára, foszforeszkáló fénynyel megvilágítja. Úgy tudom, hogy hasonló jelenségeket ily alkalommal meg is figyeltek már.

*

A mit inkább költői képpel, mint tudományos szigorúsággal az ég kóborlóinak nevezünk, azok ismeretes, és egészen általános természeti törvények szerint mozgó égitestek, melyeknek Isten ostorának tartott függeléke, alakjában és helyzetében hasonló törvényeket követ. Az óceáni lerakódásokban és a sarki vidékek tiszta haván mindenütt találunk bőven kozmikus port: ez a jól ismert anyag szétfoszlott üstökösök anyaga, és csóvjuk édestestvére a sugárlövelő sarki fény egy sugárkévéje.

