

## Az üstökösök.

Korábban már szó esett róluk. Arisztotelész a légkör kipárolgásainak vélte ezeket. Majd Tycho Brahe parallaxis mérései azt bizonyították, hogy erről szó sem lehet. Halley pedig meghatározta a nevét őrző üstökös pályáját.

*Az égen fényes üstökös; uszálya  
Az ég felétől le a földre ér.  
Mondják, ez ama "nagy", melynek pályája  
Egyenes; vissza hát sohase tér.*

*Csillagvilágok fénylő táborán át  
A végtelenséggel versenyt rohan.  
Forogni körbe nem tud, nem akar, hát  
Örökké társtalan, boldogtalan!*

*Vajda János: Az üstökös (1882) című versének részlete.*

Ezek az égitestek váratlanul jelentek meg az égbolton, hosszú „uszályuk” volt (lásd a versben), majd gyorsan eltűntek.



*A Halley-üstökös ábrázolása Giotto festményén (1304).*

Ezért több ezer éven át az emberek félelemmel és rettegéssel tekintettek a világűr magányos vándoraira. A csóvát sokan kardnak vélték, ezért az üstökösök eljövetelében a háborúk és a járványok kitörését látták.



*Egy 16. századbeli rajz üstökösökről*

*Wolfgang Hildebrand* német krónikástól származik az alábbi idézet, amely a Halley-üstökös 1682. évi visszatérését idézi fel:

***Istenek büntető vesszeje***

*Nyolcas ostor sújt a népen  
Ha üstökös fut az égen,  
Láz, betegség és sok ragály  
Szűk esztendő és éhhalál,  
Kopár földek, hőség, aszály,  
Vad háború, irigy viszály,  
Meddő forrás, fagy és vihar,  
Sok főnemes háza kihál,  
Földrengés dúl, a pór zendül,  
Új vezetők a trón körül.  
Ily átok fogan a népen,  
ha üstökös fut az égen.*

*(Sallay Gergely fordítása.)*

Az üstökösöket sokszor nevezték *csóvás csillagnak*, *hajas csillagnak*, *kométának*. Ez utóbbi görög eredetű szó, az üstökös alakjára és jellemzőire utal: a ködös *kómára*, amely a magot öleli át, és a hosszú *csóvára*, amely a kóma folytatásának tekinthető.

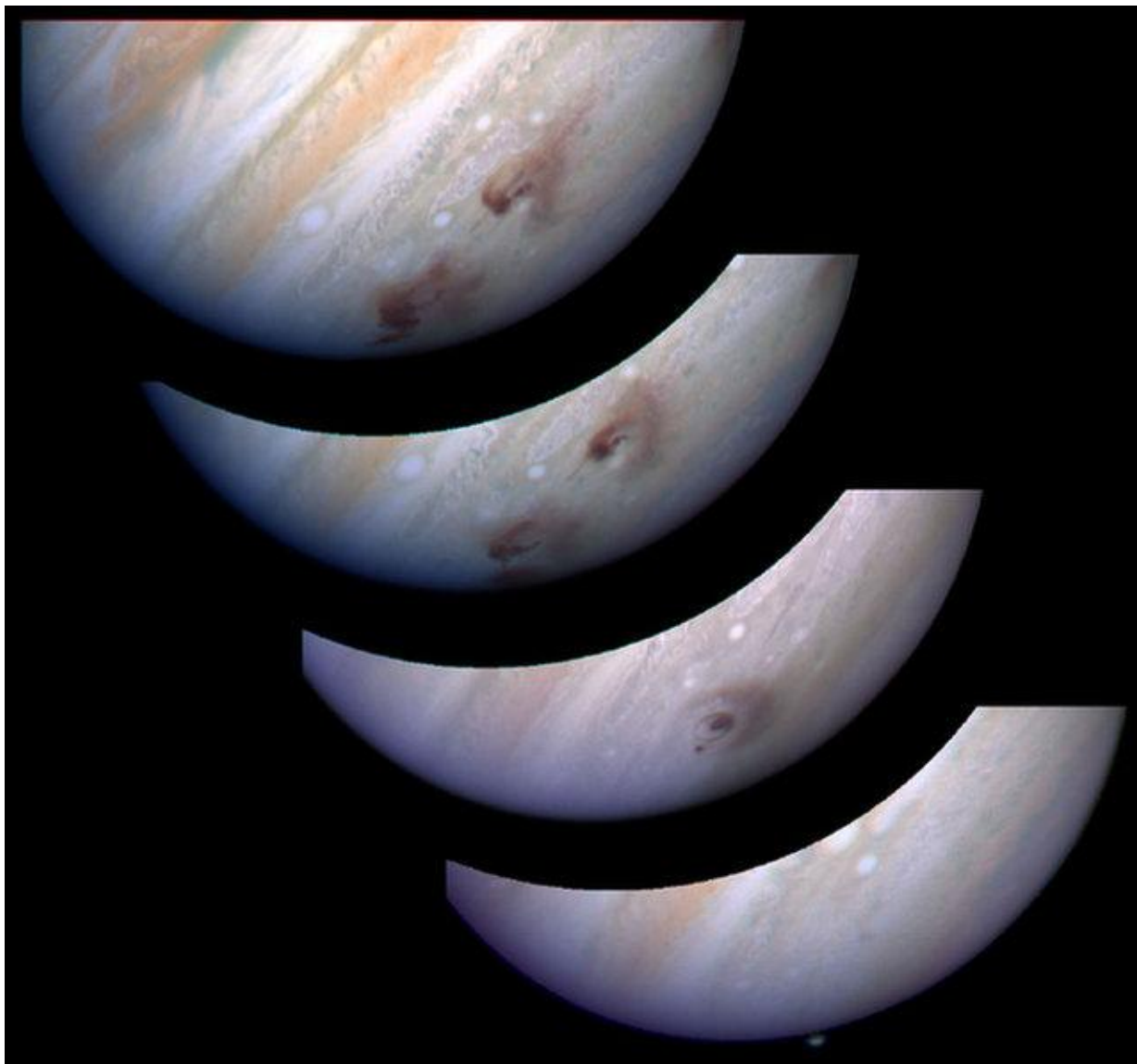
Az üstökösök vizsgálata hosszú időn át a pályájuk kiszámításából állt. Halley elnyúlt ellipszis alakot kapott. Ez a geometriai alakzat jellemzi a kométák mozgását.

Az üstökösök neve a felfedezőket tükrözi. Megállapodás szerint egy-egy új vándor legfeljebb három nevet kaphat. Az elől szereplő vette észre először, míg a másik kettő később ismerte fel. *Dr. Kulin György nevéhez két üstökös felfedezése fűződik. Lovas Miklós is fedezett fel üstökösöt.*

A legrövidebb periódusú az *Encke-üstökös*, keringési ideje 3,3 év. Ez a rövid periódus azonban ritka kivétel. *Általában több évtizedes illetve évszázados keringési idővel találkozunk, sőt olyan égi vándor is van, melynek pályája hiperbola, így soha többet nem fogja megkerülni a Napot, azaz nem fogjuk látni a jövőben.*

Korábban már volt szó az *Oort-féle üstökös zónáról*. Az elképzelés szerint Naprendszerünk peremén – kb. 100 ezer csillagászati egység – egy ilyen sugarú gömb felszínén vannak azok az apró égitestek, melyekből az üstökösök születnek. *Ez gravitációs értelemben instabil, tehát bármely zavaró hatás azt eredményezi, hogy egy-egy ilyen szabálytalan alakú test elkezd hosszú útját a Nap felé.*

Mozgásukat az óriásbolygók, elsősorban a Jupiter módosíthatja. A perturbáció oly erős lehet, hogy az üstökös magja feldarabolódhat. Ez történt a *Shoemaker-Levy-9 -üstökössel*.

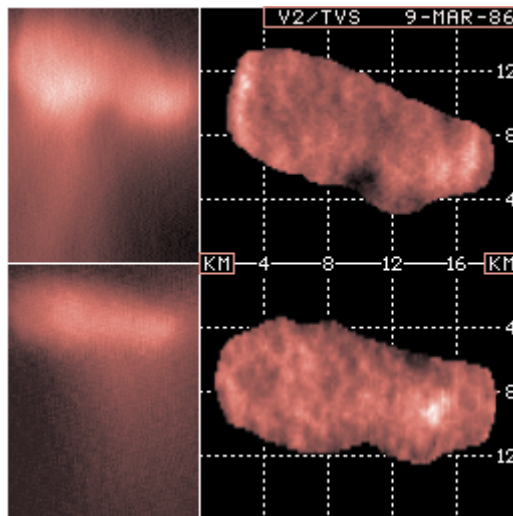


*Az üstökös magja sok darabra szakadt, majd ezek becsapódtak a Jupiter felhőzetébe. (A Galileo szonda sorozatképe, NASA/JPL.)*

Az üstökösök *magja szabálytalan alakú*, kis sűrűségű, porózus test, melynek mérete néhány kilométer. Sokan *hasonlítják egy piszkos hógolyóhoz*. Ennek oka, hogy a mag kőzettörmelékét és porszemcséit a megfagyott gázok cementálják össze. Ezek szénvegyületek, de nagy mennyiségű vízjeget is tartalmaznak.

Nagy várakozással tekintettek a szakemberek a Halley-üstökös visszatérésére (1986). Így már jóval korábban űrszondák serege várta az indítást, hogy megközelítse ezt a történelminek tekintett csóvás vándort. Az akkori Szovjetunióból két űrszonda – VEGA-1 és -2 – indult el, az Európai Űrügynökség (ESA) Giotto-szondája és a japánok három kisebb műszeres egysége vette célba a Halley-t. *A VEGA-programban jelentős magyar részvétel volt. A műszerek egyharmada Magyarországon, ezek jelentős része a KFKI-ban készült. A televíziós*

rendszer nem csak képeket közvetített, hanem automatikusan megkereste és nyomon követte az üstökös magját. Ez volt az űrkutatás történetében az első eset, amikor valós idejű képfeldolgozás révén történt az autonóm vezérlés!



A Halley magjáról készített képek. Jól látszik a magból kiáramló anyag. Mellette az üstökös magjának alakja figyelhető meg. (JPL.)



A Giotto egyik képe. (ESA.)

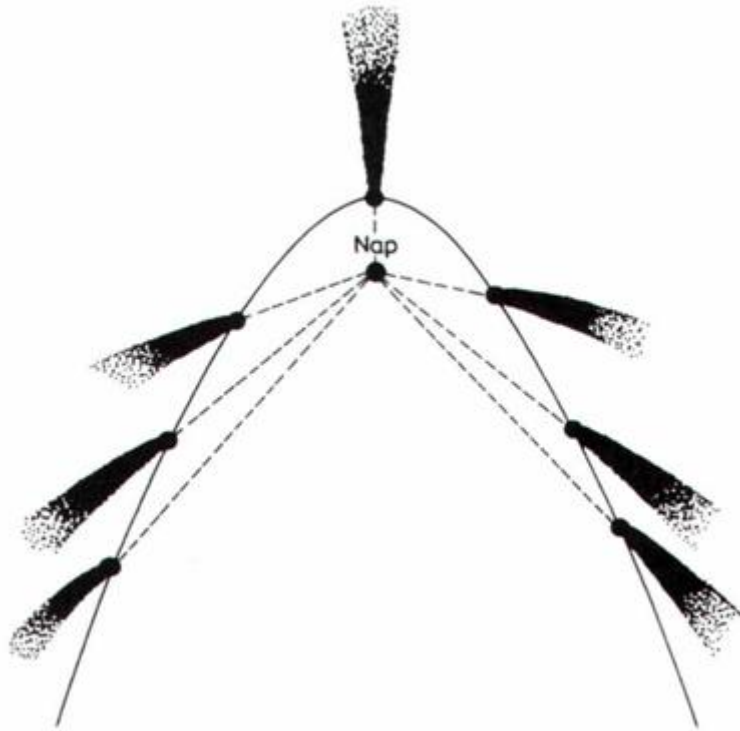
Sikerült meghatározni a mag méretét, ezt egy 16:8:8 kilométeres méretű ellipszoiddal lehetett leírni. A felszínét koromfekete, porózus anyag borítja, melynek résein át – a Nap felé forduló oldalán – látványos gáz- és porkitörések voltak. A két képen is jól látható, hogy a kilövellő por- és gázanyagból képződik a kóma és a csóva.

*Az üstökös magot alkotó és fedő anyagok szublimációja nagyjából a Jupiter távolságában kezdődik.* Először a szénvegyületek kezdenek gázzá válni, majd a vízgőz is megjelenik, amikor már közelebb jár a Naphoz. A mag belsejéből kiáramló gázok magukkal ragadják a kicsiny porszemcséket, és *így alakul ki a kóma, az üstök.* Ekkor már egyre fényesebbé válik, és valódi mérete eléri a néhányszor tízezer kilométert.



*A Honda-Mrkos-Pajdušáková-üstökös magja és az azt körülvevő kóma. (Fritz Helmut Hemmerich, APOD.)*

*A napszél és a Nap sugárnyomása, amit a belőle kiáramló fotonok sokasága hoz létre, a gáz- és porrészecskéket elsodorja. Így a csóva mindig a Nappal ellentétes irányba fog mutatni. A csóva több millió kilométeres hosszúságot érhet el. Azonban „látható semminek” szokták nevezni, mivel sűrűsége 1-10 molekula/cm<sup>3</sup>.*



*Az üstökösök csóvájának iránya a perihéliumhoz közeli pályáíven.*

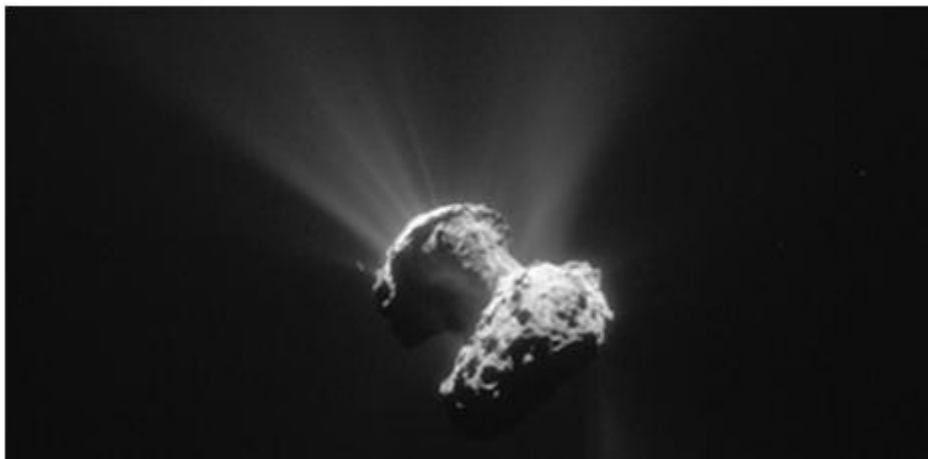
A Donati-üstökös (1882) csóvája 900 millió kilométer volt! Vajda János versében ez volt az a bizonyos nagy.

A csóvát alkotó gázcsepscék a Nap sugárzása miatt gerjesztett állapotba kerülnek, így saját fényük van. A porrészecskék csupán visszaverik a napfényt. Ezért kétféle csóváról beszélünk. Ion- és porcsóváról. Az ioncsóva fénylő anyagát csillagunk sugárnyomása könnyedén eltéríti. A porcsóva iránya azonban már más, akár legyező alakú is lehet. Mindez az üstökös magjából kilövellt por iránya, és sebessége, valamint a Nap korábban ismertetett befolyásoló hatásának együttes eredményeként jön létre. A mag anyagvesztése néhány tonnát is elérhet másodpercenként.



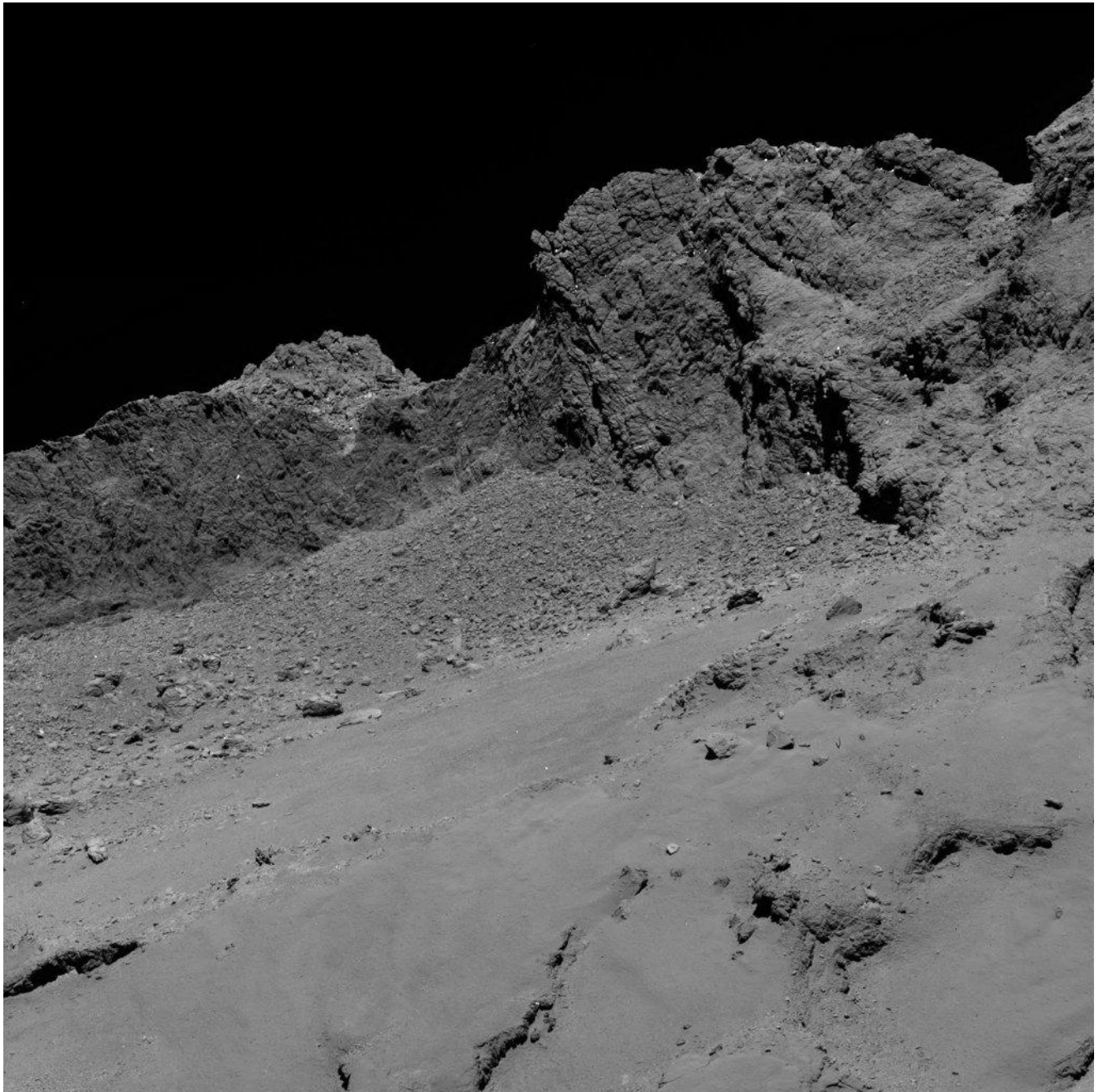
*A McNaught-üstökös káprázatos porcsóvája. A 2007-ben készült képet a felfedezője készítette Ausztráliából. (APOD.)*

Az üstökösök a Naprendszer legősbibb anyagát őrzik, ezért kiemelt szerepet kapott a kutatásuk. A Rosetta-program ennek a példája. A cél: elérni egy üstökös magját, amelyen egy parányi, de mindent tudó szonda szálljon le. A keringő egység pedig a lehető legrészletesebb képeket és méréseket tudja szolgáltatni. A küldetés – többszöri halasztás után – 2004. március 2-án kezdődött. A cél a *Csurjumov-Geraszimenko-üstökös* volt. Több, mint tíz évig tartó repülés után az anyaszonda 2014. augusztus 6-án állt az üstökös mag körüli pályára. Több, mint egy éven át követte, ahogy a „Csurinak” becézett kométa közeledett a Naphoz. A *Philae*, parányi műszeregység pedig november 12-én szállt le a magra. (Ennek központi számítógépe a KFKI-ban készült, az energiaellátó rendszert pedig a BME-n hozták létre.)



*Gázkitöréseket lehet látni. A mag pedig furcsa alakú. (ESA.)*





*Az üstökös bizzarr felszíne. (ESA.)*

A mag fura alakja arra utal, hogy két kisebb test összetapadásából jött létre. A két rész közötti mélyedés azt mutatja, hogy innen vesztette el anyagának tekintélyes részét. A tömegspektrométer (atomi tömegek mérésére alkalmas berendezés) által elvégzett mérések azt mutatták, hogy a deutérium (nehéz hidrogén = proton+neutron) és a hidrogén aránya alapján a Földünkre becsapódó üstökösök jelentősen gyarapíthatták bolygónk vízkészletét.

## Az üstökösök és a meteorrajok.

Sok üstökös sorsát magjának széthullása pecsételi meg. A Biela-üstökös (1846) magja még a perihéliumátmenet előtt esett szét. Az ok egyszerű. A magot összetartó fagyott gáz- és poranyag jelentős része eltávozik, így már nem tud ragasztóként működni. Az Ikeya-Seki (1965) is ugyanerre a sorsra jutott.

A megfigyelések szerint a feldarabolódást aprózódás követi. Tehát már nem lesz több üstökös, hanem csak egy törmelékhalmoz, amely a Nap körül fog keringeni, belőle *meteorraj* alakul ki. Ez a hosszan elnyúló kupac pedig keresztezi a Föld pályáját. Ekkor látványos meteorzáporban (lásd korábban) gyönyörködhetünk. *Számos meteorraj és egykori üstökös közötti kapcsolatot sikerült már kimutatni.* Az év minden hónapjában láthatunk rajokat. Ezekről az aktuális csillagászati évkönyv ad pontos információt.

Mindegyik fontos jellemzője a *radiáns*-, azaz *kisugárzási pont*. Az egymással párhuzamosan keringő rajtagokat úgy látjuk innen, mintha egy pontból indultak volna el. (Hasonló ez ahhoz, amikor a párhuzamosan futó sínpárokat a távolban összeérni látjuk.)



*A Perseida-raj radiáns pontja. (Astronomy.)*

Csak türelem kérdése, hogy lássunk néhány rajtagot, melyek nagy sebességgel hatolnak be a légkörbe. Felizzanak, és elpárolognak.

## A meteorok és a meteoritok.

*Meteor*nak nevezzük a csillagászatban azokat a grammnál is kisebb tömegű égitesteket, melyekkel a földi légkör találkozik. A több 10 kilométer/s –os sebesség miatt a súrlódás következtében felizzanak és megsemmisülnek, sőt az útjukba eső légköri csatorna molekuláit gerjesztik, ezért azok is fényt fognak kibocsájtani. Ez a látványos fényjelenség kb. 100 kilométeres magasságban jön létre.

*Meteorit* a neve annak a testnek, amely „túléli” ezt a drasztikus találkozást és becsapódik a talajba.

*Ezek ugyanabból az ősi anyagból származnak, mint az üstökösök magjai, ezért minden megtalált példányuk a múltba vezet vissza bennünket. (Találtak már olyanokat is, amelyek minden kétséget kizáróan a Marsról vagy a Holdról kerültek ide.) A meteoritok felülete barázdált és gödrökkel van tele. Mindezek a légkörön való áthaladás során keletkeztek.*



*A 2013. február 13-án Cseljabinszk (Oroszország) hullott meteorit legnagyobb darabja.  
Tömege 85 kilogramm. (Forrás: csillagaszat.hu)*

A kémiai összetételük alapján több csoportjuk van, az egyikbe a *vasmeteoritok* tartoznak. Ezek átlagosan 91% vasat, 8% nikkelt, 0,6% kobaltot tartalmaznak. A másik népes csoportot a *kőmeteoritok* alkotják. Összetételük: 42% oxigén, 20,6% szilícium, 15,8% magnézium, 15,6% vas.



*A Dél-Afrikában (Hoba) megtalált kőmeteorit. Tömege: 60 tonna. (Eugen Zibiso felvétele.)*

Ezeknek két nagy csoportja van, aszerint, hogy találhatók-e bennük a gyors megolvadást és a hirtelen lehűlést bizonyító kőzetgömböcskék. Ezek neve: *kondra*.



*Így néz ki egy kondrit, mely 1868-ban hullott. (Didier Descouens felvétele.)*

Közöttük nagyon sok *szenes kondrit* található. Ilyen volt a kabai meteorit is, melyet 1857-ben találtak.



*A tömege 2,6 kilogramm. A Debreceni Kollégium Múzeumában látható. (Forrás: csillagváros.)*

Az anyagi elemzésük azt mutatta, hogy a meteorikus anyag legalább 4,6 milliárd éves, tehát Naprendszerünk kialakulásának hajnalából származik.

Van még egy különleges csoport, melyet a *tektitek* alkotnak. Ezek apró kőzetdarabok, melyek a Föld több helyén találhatóak – pl. Cseh-medence, Ausztrália, Kanada, Közép-Amerika. Valószínűleg egy óriási meteor csapódott a Földre, amelynek hatására nagy mennyiségű kőzetanyag repült a felső légkörbe, majd onnan visszahullott. A kőzetdarabok megolvadtak és a gyors lehűlés miatt üvegessé váltak. Csupán néhány centiméteres darabokról van szó. Ezeket üvegmeteoritoknak is nevezik.



*Néhány tektit. (Fotó: Heidelberg Egyetem.)*

### **A bolygóközi anyag.**

Itt most azokról az apró testecskékről lesz szó, amelyről eddig nem történt említés. A *Nap fénye a bolygóközi térben lévő apró por részecskében szóródik. Ezt állatövi fénynek hívják.* Ezek a szemcsék abban a síkban helyezkednek el, ahol az állatövi csillagképek – ez az ekliptika környéke – található. Innen származik az elnevezés.



*Az állatövi fény. A felvételt az ESO-ból (Európa Déli Obszervatóriumai) La Sillából és La Paranalból készülték. Ez a szép látvány nemcsak a Földről, hanem a Naprendszer bármely helyéről megfigyelhető. (Y. Beletsky felvétele.)*

Az állatövi fényt leginkább az egyenlítő közelében lévő területekről lehet látni, ahol az ekliptika nagyjából merőlegesen emelkedik a látóhatár fölé.

Egy másik érdekes jelenség a *világító felhők* feltűnése. Ezek 80-100 kilométeres magasságban (!) keletkeznek.



*Világító felhők – forrás: Origo, Eredeti kép: Pintér András.*

A felhők jégkristályokból állnak, de ezeket nátrium és vasatomokból álló vékony filmréteg von be, mely a meteorok anyagából származik. De akkor is létrejönnek, ha nagy mennyiségű vulkanikus por kerül ilyen magasságba. (A Krakatau nevezetes kitörése után lehetett ezeket megfigyelni.)

A felhőket napnyugta után lehet szerencsés esetben megpillantani, amikor a Nap már megfelelően mélyen van a látóhatár alatt.