

A 76 évenként a Nap, illetve a Föld közelébe kerülő Halley-üstökös a leghíresebb, a legjobban ismert üstökös. Annak ellenére, hogy ez az állítás kétségtelenül igaz, ma még sok mindent nem tudunk e furcsa égi vándorról. Mit nevezünk tehát üstökösnek?

Az üstökösök égitestek; ezt csak Tycho Brahének sikerült megdönthetetlenül bebizonyítania 1577-ben. Addig sok csillagász légköri jelenségnek tartotta és nem foglalkozott velük.

Ma már tudjuk, hogy az üstökösök Naprendszerünk parányai, hiszen átmérőjük néhány kilométer és idejük legnagyobb részét a Naptól távol töltik, ahol a világ leghatalmasabb távcsöveivel sem lehet őket megtalálni. Amikor a Mars pályája közelébe érnek, a napsugárzás hatására a megfagyott gázokból álló üstökös elkezd párologni. A jég közé fagyott por is kiszabadul és így kialakul a gázból és porból álló üstökösfej vagy kóma. A Naphoz kiáramló részecskék sugárnyomása hatására pedig kialakul a jól ismert és látványos csóva, amely a Naphoz közeledve egyre nagyobb és látványosabb lesz. Ezt a csóvát nagyon találóan „látható semminek” nevezhetjük, hiszen össztömege elhanyagolhatóan csekély az üstökös magjához képest, ami pedig a „piszkos hógolyó” bizarr elnevezést viselhetné.

Az üstökösök fizikája

Az bizonyosnak látszik, hogy az üstökösök kémiai és fizikai tulajdonságai nagyon hasonlóak. Milyen tehát egy „átlagos” üstökös?

Egy tipikus üstökös tömege 10^{15} és 10^{18} g között van. (Összehasonlításképpen a Föld $6 \cdot 10^{27}$ g tömegű.) A mintegy $2 \cdot 10^{33}$ g tömegű Nap kolosszális gravitációs terében mozognak kúpszelet pályán. Ez lehet ellipszis, hiperbola, parabola vagy kör.

A bolygók gravitációs tere megzavarva ezt a pályát, megváltoztathatja ezt. Például egy ellipszispályán mozgó üstökös hiperbolapályára térhet át. A kör és az ellipszis zárt görbék, míg a hiperbola és a parabola nyitottak, ez az oka annak, hogy csak elliptikus pályán mozgó üstökösök térnek vissza a Naphoz. Periodikus üstökösöknek nevezzük a visszatérőket. 70-nél alig több ilyen ismerünk. Az ismertek közül leghosszabb periódusú a Borelli-üstökös, hiszen a napközelpontján 493 évenként halad át, a legrövidebb periódusú az Encke-üstökös, ez 3,3 évenként tér vissza.

A Halley-üstökös pályadatai a következők (1. ábra):

1986-04-177-1.eps

1. ábra

félnagy tengely	18 CsE (1 CsE = $1,5 \times 10^8$ km)
excentricitás	0,967
pályahajlás	162° (az ekliptikához)
perihéliumtávolság	0,587 CsE
keringési sebesség	
perihéliumban	54,55 km/s = 196 380 km/óra
a felumban	0,91 km/s = 3276 km/óra
a perihéliumátmenet	
időpontja	1986. február 9,3 (világidőben)

Felmerülhet a kérdés, honnan jönnek az üstökösök és hogyan keletkeztek. J. Oort holland csillagász hipotézise szerint a Naptól mintegy 50 000 CsE távolságban van valamiféle üstökösfelhő (ez az úgynevezett Oort-felhő), amely olyan „tartály” (kb. $10^{11} - 10^{13}$ üstökösmag lehet benne), ahonnan a közeli csillagok hatására időnként „ki-kiszakad” egy-egy üstökös és elindul a Naprendszer belseje felé. Számunkra ez az útnak induló soronkövetkező üstökös. Évente mintegy 20 üstökös lehet megfigyelni, ezek túlnyomó része csak nagy távcsövekkel látható. Évtizedenként átlagban 1–2 olyan üstökös jelenik meg, amelyet szabad szemmel is látni lehet. Igazán látványos üstökösre gyakran több évtizedet is várni kell. Sajnos, most nincs szerencsénk, a Halley-üstökös nem lesz látványos, fényes, feltűnő égitest. Szabad szemmel csak kis szerencsével figyelhetjük meg Magyarországról. A legkedvezőbb időszak megfigyelésre március 20. körül hajnalban volt, a délkeleti égbolton, a látóhatár közvetlen közelében. Kis távcsővel április 20. után is megkereshetjük napnyugta után a déli égbolton, szintén a látóhatár közelében.

Ennyi kitérő után térjünk vissza az üstökösök fizikájához.

Ahogy az üstökös közelít a napközelponthoz, magja körül kinő a légköre, amely különböző molekulákból és por-részecskékből tevődik össze. Az atmoszféra azért jön létre, mert az üstökösmagot a napsugárzás felhevíti. A mag különböző vegyületek: metán, ammónia, víz keverékéből álló jég, amelybe kövek, kőzetek, apró részecskék keveredtek. A napsugárzás hatására megkezdődik a jégzemcsék elpárolgása, az apró részecskék kiszabadulása, s megjelenik a gáz-por atmoszféra. Ezen képződmény kiterjedése a perihélium közelében igen nagy lehet, pl. a Halley-üstökös esetében 1910-ben mintegy 200 000 km volt a fej átmérője. A kifejlődő átlátszatlan üstököslevegő elfedi optikai teleszkópjaink elől az üstökös magját.

1986-04-178-1.eps

2. ábra

Egy tipikus üstökösfejből egy vagy több csóva indul ki, amelyek a Nappal ellentétesen helyezkednek el (2. ábra). Az üstökös csóvákat több típusra oszthatjuk. A legegyszerűbb esetben a por- és az ionsóvát különböztetjük meg. Az ionsóva sugárirányú, ettől legfeljebb néhány fokot térhet el. Ez rendszerint gigantikus méretű, a Halley-üstökös esetében több tucat millió kilométer hosszúságot ér el. A porcsóva számottevő mértékben elhajolhat a Nap-üstökös vonaltól. A Föld-Nap-üstökös speciális geometriai helyzetében még úgynevezett ellencsóvát is láthatunk, ez a Nap felé mutat. Az üstökös atmoszférák kémiai összetételét színeképük alapján határozzák meg, a színeképek nagyon hasonlóak egymáshoz. A színeképvonalak alapján a következő molekulákat, illetve ionokat sikerült nagy mennyiségben kimutatni: CO^+ , CO_2^- , CN , HCN , NH , NH_2 , NH_3 , C_2 , C_3 , CH .

Az ionsóva (mint a neve is mutatja) plazmából áll, amelyben elektronok, ionizált molekulák (N_2^+ , CO^+) vannak.

Minden gáz és por, amely elhagyja egyszer az üstökös fejének belső részét, egyszer s mindenkorra elvész az üstökös számára. Így az üstökös tömegvesztése a Nap közelében folyamatos, értéke a különböző elképzelések szerint 10^4 – 10^7 g/s lehet. Könnyű belegondolni, mit jelent ez az üstökösre nézve: néhány száz perihélium-átmenet és a magból a párolgásra képes gázok annyira elfogyhatnak, hogy a mag szétesik, feldarabolódik. Ilyen üstökös feldarabolódást már többször megfigyeltek. A por és a nagyobb szilikátos testek szétszóródnak a pálya mentén. Amikor a Föld keresztezi ezt a meteorfelhőt, a meteorok az égbolt egy-egy pontjából látszanak jönni, így alakulnak ki a meteorrajok. A Halley-üstökös anyagának egy része már szétszóródott. Október 20. körül és május 3–6. között találkozunk a Földdel.

Itt álljunk meg egy pillanatra és tegyünk egy nagyon fontos megállapítást. Mint említettük, az üstökösök a bolygókhoz képest parányok, gravitációs erejük csekély. Kémiai és fizikai fejlődés csak a nagy, legalább bolygó-, illetve holdméretű égitesteken megy végbe. Az üstökösök fizikai jellemzői és kémiai összetétele tehát olyan, vagy majdnem olyan, mint annak a primer gáz-por ködnek az összetétele, amelyből a Nap és bolygói keletkeztek.

Abban reménykedünk, hogy az üstökös kutatása, megismerése legalább a kémiai összetételről és esetleg a fizikai tulajdonságok egy részéről felvilágosítást tud adni.

A Vega és a Giotto program

Ha üstökössel akarunk találkozni, célszerű a Halley-üstököst választani.

A Halley-üstököst a perihélium-átmenete utáni időszakban, amikor is várhatóan igen aktív lesz, összesen öt földi űreszköz látogatja meg. A Vega-1, -2 Interkozmosz összefogással készült, de a programban részt vesznek francia, osztrák és nyugatnémet szakemberek is. A Giotto a nyugat-európai (ESA) program keretében készült. A Planet-A és az MS-T5 szondák pedig az eddigi legnagyobb szabású japán űrkísérletet jelentik. Ezenkívül az üstököstől mintegy 30 millió km távolságból az amerikai ICE szonda is végzett méréseket. Mi itt részletesebben csak a Vega és a Giotto űrszondával fogunk foglalkozni.

A legjobban felszerelt és legnagyobb tömegű űrszondák a Vegák. A Vega űrszondákat 1984. decemberében indították. Első feladatuk a Vénusz megközelítése és a szonda egy részének sima leszállása volt a bolygóra. A két teljesen azonos felépítésű szonda másik része 1986. március 6-án, illetve 9-én közelítette meg legjobban az üstököst. 5–10 ezer kilométer távolságból készítettek televízióképeket, valamint részecskedetektálást, plazmaanalizálást, színeképelemzést és mágneses méréseket végeztek.

Az üstökösök közvetlen közelében többnyire a mikron méretű, mikrogramm (vagy annál kisebb) tömegű porrészecskék vannak többségben, de szép számmal akadhatnak (mint a földi meteorrészecskék alapján várhatjuk) ezeknél nagyobbak is. Az üstökös közelében a porszemcsék egymáshoz képest viszonylag kis sebességgel (néhány száz méter másodpercenként) mozognak; de a szondákra vonatkoztatott 78 km/s sebességük már indokoltá teszi az érzékeny műszerek és a szondák testének a porrészecskéktől való megvédését. Ugyanis, ha egy 0,1 gramm tömegű részecske ütközne a szondába, a pici porszemcse mozgási energiája egy olyan jól megrakott személykocsi mozgási energiájának felelne meg, amely kb. 80 km/óra sebességgel halad. A várható roncsolás azonban sokkal súlyosabb a porszemcsével való találkozás esetében, mert a szemcse összes energiája sokkal kisebb felületre összpontosul az űrszonda felületén. A szondákon elhelyezett porpajzsok ún. kétlépcsős védelmet adnak a tudományos berendezéseknek. A *megoldás lényege*: két, egymástól mintegy 25 cm távolságban elhelyezett, viszonylag vékony, kb. 0,8 mm-es fémlemez segítségével gyakorlatilag teljes védelem adható a 0,1 g és kisebb tömegű porszemcsékkel szemben. Az ilyen porszemcsék ugyanis, miközben átütik az első védőfalat, elpárolognak (egy plazmafelhő keletkezik), és energiájuk a második falon viszonylag nagy felületen oszlik szét, és azt már nem képesek átütni.

A Giotto-szonda által elvégzendő mérések és a porvédelem nagyon hasonlít a Vegáknál már megismertekhez. Ez a nagyfokú hasonlóság lehetővé teszi az adatok elemzéséhez szükséges összehasonlítást.

A Halley-üstökös múltja

A Halley-üstökös i.e. 240. évi megjelenése óta minden visszatérését feljegyezték. Jól ismert, hogy a régiek, illetve néhányan még ma is, valamilyen baj, katasztrófa, háború, járvány előhírnökének vélték az üstökösöket. Ez a baljóslat minden üstökös megjelenésekor megerősítést nyert, hiszen aligha volt a közép- és újkor Euróában olyan évtized, amikor valahol háború vagy járvány ne lett volna.

Nevezetes üstökösünk 451. évi megjelenése, amidőn az Európát rettegésben tartó hunok Catalaunumnál megütköztek a rómaiakkal. Az üstököst Attila hatalma megrendülésének és halálának (453) előhírnökéül tekintették. (Természetesen utólag.) 837-ben volt a Földhöz legközelebb, mintegy 0,04 CsE-re. Ekkor volt a legfényesebb és a leghosszabb csóvájú. Az üstökös 1066. évi visszatérését a bayeux-i kárpit képe örökíti meg. 1301-ben Giotto di Bondone firenzei

festő is látta a Halley-üstököszt és a páduai Arena-kápolna egyik freskóján betlehemi csillagként örökítette meg. A Halley-üstökös 1456-os visszatérésében Hunyadi János hadjáratai és a nándorfehérvári csata jelét látta több krónika.

A régi megfigyelések közös vonása, hogy mindegyik igen fényes, nagy kiterjedésű üstökösnek írja le a Halleyt a Naptól, illetve a Földtől való távolságtól függetlenül, ami azt sejteti, hogy 1910-hez képest régebben sokkal fényesebb volt, és időközben a visszatérések során elveszítette por- és gázartalma jelentős részét.

Edmund Halley (1656–1742) 1705-ben kiadott *Synopsis of Cometary Astronomy* c. munkájában rámutatott arra, hogy az 1531, 1607 és 1682-ben feltűnt üstökösök pályája nagyon hasonló, amiből arra a következtetésre jutott, hogy itt egyugyanazon üstökösről van szó, amely ráadásul (mivel nagyjából 76 évenként visszatér) nem parabola, hanem zárt, ellipszis alakú pályán mozog. Mindezek alapján megjósolta az üstökös 1758/59-es visszatérését, és mivel az valóban bekövetkezett, a nevét róla kapta. 1910-ben már rengeteg fényképfelvételt és színekpi felvételt készítettek az üstökösről. (3. ábra).

1986-04-179-1.eps

3. ábra

1986-04-181-1.eps

4. ábra

Az 1985/86. évi visszatérését megelőzően 1982. október 16-án észlelték először, a californiai Palomar Obszervatóriumban (4. ábra).

Szalma Sándor csillagász

Ajánlott irodalom:

Csillagászati évkönyv, 1984, 183. oldal. A Halley-üstökös. Uránia-füzet, 1985 (kapható az Uránia Csillagvizsgálóban – Bp., I. Sándor u. 3/b – és a Planetáriumban).