

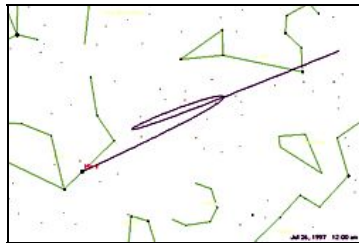
„Én is bolygó voltam...”

(Plútó)

Minden másodpercben kb. 30 km-t utazunk! Hogyan lehetséges ez? Mint Földlakók, ez az utazás hozzátartozik életünkhöz: minden (sziderikus) évben (365,25 nap) teljesen körülkeringjük Napunkat. Ezen az utazáson viszont nem vagyunk egyedül: a bolygótestvéreink is, bár más-más sebességgel, mind velünk együtt teszik meg útjukat, ki-ki a maga Nap-körüli pályáján. De hogyan tudnánk megkülönböztetni útítársainkat?

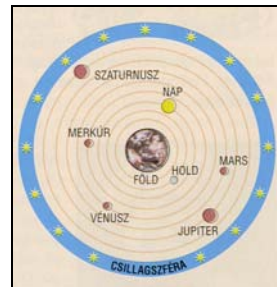
Mi egy bolygó?

Amikor őseink a csillagos eget fürkészték, láthatták, hogy fekete alapon rengeteg sok kis fényes pont világít. Miután rendszeresen figyelték őket, arra lettek figyelmesek, hogy néhány fénypont elmozdul az „állócsillagok” képezte háttér előtt (1.ábra). Ezeket, a bolygó mozgásuknak köszönhetően elnevezték bolygóknak (a görög *planetai* szó bolygót, csavargót jelent). Ezt követően, a csillagászat magasabb szintre emelését a görög asztronómusok (Pitagorász, Arisztotelész, Ptolemaiosz és még sokan mások) biztosították. A megfigyeléseikből levont következtetések és rendszerezések után megszületett a *geocentrikus világregszer* elmélete, amely úgy értelmezte a bolygókat, hogy ezek a Föld körül keringő égitestek. (2.ábra).



1. ábra

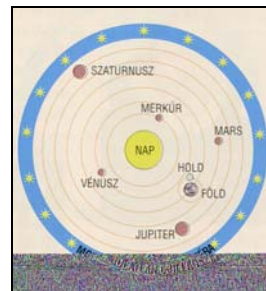
A Mars mozgása 1996. október 13. és 1997. július 26. között



2. ábra

A geocentrikus világregszer szemléltetése

A XVI. században, *Nikolausz Kopernikusz* *Az égi pályák körforgásairól* című művében pontosította a bolygók meghatározását, miszerint ezek olyan égitestek, amelyek nem a Föld, hanem a Nap körül keringenek (3.ábra). Így született meg a *heliocentrikus világregszer* elmélete, amely annak ellenére, hogy *Johannes Kepler* és *Galileo Galilei* támogatottságának is örvendhetett, nagyon nehezen nyerte az akkori tudóársadalom tetszését. Az ezt követő modern csillagászat egyik kiemelkedő pontja volt, amikor 1781. március 13-án *William Herschel*, újkori, német származású angol csillagász felfedezte az *Uránusz*-t.



3. ábra

A heliocentrikus világregszer szemléltetése

A gázóriást, melyet szabad szemmel épp hogy még láthatunk. Már felfedezése előtt *John Flamsteed*, szintén angol csillagász, 1690-ben a Bika csillagkép egyik csillagának sorolta be. Amikor Herschel a távcsövét az akkor már Ikrek-ben „kószáló csillagra” irányította, rájött, hogy annak képe nem pontszerű. Először azt hitte, hogy üstökösre bukkant, ám hamarosan bebizonyosodott, hogy bolygóról van szó. Így az évszázadok óta változatlan Naprendszer, az újkor egyik legfontosabb felfedezésének köszönhetően kibővült. Az Uránusz érdekessége, amelyet már csak a *Voyager 2* űrszonda és a *Hubble Űrtávcső* segítségével állapíthattak meg, hogy egyenlítője és pályasíkja egymással $97,86^\circ$ -os szöveget zár be (tehát majdnem merőleges rá!) és tengely körüli forgása is retrográd irányú. Ennek oka még nem tisztázott, de lehetséges, hogy a Naprendszer keletkezésekor egy Föld nagyságú *ősbolygó* (lásd később) ütközött az Uránusszal, elferdítve az utóbbi orientációját. Mikor 1821-ben kiszámolták az Uránusz elméleti pályáját, kiderült, hogy a bolygó gyakorlati pályája ettől eltér. Ezért a pályaháborgásért egy másik bolygót tettek felelőssé, és megkezdődött a brit és a francia csillagászok között a versengés, hogy ki fedezi fel hamarabb a Naprendszer következő tagját. Végül, 1846. szeptember 23-án *Johann Gottfried Galle* német csillagász fedezte azt fel $52'$ távolságra attól a helytől, amit a francia *Urbain Le Verrier* jelzett előre. Bár a brit *John Couch Adams* 8 hónappal hamarabb elkészült számításaival, az akkori Királyi Csillagász nem vette komolyan azokat. Utólag pedig kiderült, hogy ő 10° -ot tévedett... Így hát hogy a britek vagy a franciák voltak-e jobbak azt ki-ki döntse el maga. Az eredmény így is figyelemreméltó, hiszen az így felfedezett *Neptunusz* – Uránuszhoz hasonló – gázóriás az első bolygó, melyet a Newton-féle gravitációs elmélet alapján fedeztek fel. A nyolcadik bolygóként számon tartott Neptunusz csak távcsővel észlelhető, de már 1612 decemberében azonosította Galileo Galilei is, aki sajnos abba a tévedésbe esett, hogy az csillag. A Neptunusz holdjai közül a *Triton* a legérdekesebb, hiszen a Naprendszer egyetlen olyan nagyméretű holdja (nagysága kb. 300 km-el meghaladja a Plútót!), amely az anyabolygó forgási irányával ellentétesen, retrográd irányban kering. A csillagászok e tények alapján arra következtetnek, hogy a Triton egy, a Neptunusz gravitációs terébe került kisbolygó (*Kuiper-objektum*, lásd később). A retrográd keringésének köszönhetően, a hold spirális pályára mentén közeledik a Neptunuszhoz, majd sok milliárd év múlva vagy becsapódik a gázóriásba, vagy az utóbbi gravitációs mezőjének köszönhetően darabokra szakad és az anyabolygó körül egy újabb gyűrűt alkot.

Annak köszönhetően, hogy a XIX. század közepe táján egyre több kis méretű égitestet (Ceres, Palas, Juno, Vesta stb.) fedeztek fel a Mars és a Jupiter pályája között – és a Neptunuszt már a tizenkettedik bolygónak tartották – a csillagászok kénytelenek voltak kibővíteni a bolygómeghatározást azzal, hogy ne csak a Nap körül keringjenek ezek, hanem figyelemre méltó tömeggel is rendelkezzenek. Így született meg az *aszteroida* (*kisbolygó*) *öv* a kisebb méretű égitestekből és vált még pontosabbá a bolygó fogalma.

A tudósoknak a következő fejtörést a *Plútó* felfedezése okozta. Miután a Neptunuszt felfedezték a XIX. század végén, a csillagászok megállapították, hogy nemcsak ez a gázóriás felelős az Uránusz pályaháborgásaiért, hanem egy másik égitestnek is lennie kell valahol. Így *Percival Lowell* amerikai csillagász 1905-ben kiszámította egy további bolygó pályáját. Bár nagy erőfeszítésekkel keresték az égitestet, csak 14 évvel Lowell halála után, 1930-ban sikerült az akkor 24 éves *Chyde Tombaugh*-nak felfedeznie a keresett bolygót, 6° -al távolabb, mint azt Lowell előrejelezte. A helyzet iróniáját az adja meg, hogy a XX. század végi technológia segítségével a csillagászok kiszámolták, hogy a Neptunusz felfedezése után a feltételezett két utolsó gázóriás pályaháborgása nem is létezik, és tulajdonképpen ezek csak a pontatlan mérési adatoknak köszönhetőek. Így a Plútót csak teljesen véletlenül találhatta meg Tombaugh.

A távcsövek fejlődésével a Plútó körül rengeteg hozzá hasonló égitestet fedeztek fel és hamarosan kiderült, hogy ezek egy égitestövezetet alkotnak a Neptunusz pályáján túl. Az égitestövezetet *Gerard Kuiper* – bolygókkal foglalkozó – csillagász tiszteletére nevezték el *Kuiper-övek* és a benne található égitesteket *Kuiper-objektumoknak*. Az utolsó csepp a pohárban az Eris (2003 UB₃₁₃) nevezetű égitest felfedezése volt, amelyről kiderült, hogy – mint Kuiper-objektum – kb. 700 km-rel nagyobb az átmérője, mint a Plútóé. Így a következő fejtörő ez volt: lehet-e az Eris a Naprendszer tizedik bolygója? Hogy választ adhasanak erre a kérdésre, a Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU – International Astronomical Union) 2006 szeptemberében megtartott XXVI. Prágai Kongresszusán próbálta meghatározni, hogy a modern csillagászat ismeretei alapján mit is jelent bolygónak lenni a Naprendszerben. Hosszas vitatkozás után az IAU a következő meghatározás mellett döntött:

A bolygó az az égitest, amely **(1)** a Nap körül kering, **(2)** elegendően nagy tömegű ahhoz, hogy kialakuljon a hidrosztatikai egyensúlyt tükröző közel gömb alak és **(3)** tisztára söpörte a pályáját övező térséget.

A következőkben azt fogjuk megvizsgálni, hogy az előbbi meghatározás fényében lehet-e a Plútót – és így bármely más, hozzá hasonló égitestet – bolygónak nevezni. Ez a rendszerezés abból a szempontból fontos, hogy jobban megérthessük Naprendszerünket: hogyan keletkezett és milyen folyamatok és erők hatására alakult ki olyaná, amilyennek manapság ismerjük. Másképp ezeket a csodálatos, fagyott kis égitesteket valószínű, hogy egyáltalán nem érdekli, minek titulálják a Föld-lakók őket.

A meghatározás **első** pontjában szerepelő feltételt a Plútó egyértelműen teljesíti. Az égitest észlelési adataiból a csillagászok kiszámolták, hogy bár elég nagy *excentricitással* és *17°-os inklinációs szöveget* bezárva az *eklíptika* (=a Föld keringési) síkjával, 248,09 év alatt, 4,666 km/s átlagos pályamenti sebességgel kerüli meg rendszerünk központi csillagát, a Napot.

A **második** pont feltétele a *nagy tömeg* és az ennek köszönhető *gravitációs tér* hatására kialakuló *hidrosztatikai egyensúly*, ami az illető anyagmennyiség legkisebb térfogatához, a *gömb alakhoz* vezet. Fontos tudni ugyanakkor, hogy az égitestek saját tengelyük körül is forognak, ezért alakjuk az egyenlítő mentén ellaposodik és így a gömbét megközelítő, *forgási ellipszoid* alakot vesz fel. Kezdetben, amikor 1930-ban a Plútót felfedezték, a csillagászok úgy vélték, hogy tömege a Föld tömegéhez hasonló. A technika fejlődésével lassan rájöttek, hogy tömege „csak” $1,3 \times 10^{22}$ kg, ami kb. a Föld tömegének a 0,22%-a!

A következő bökkenő a Plútó alakjához fűződött, amelyet földi távcsövekkel majdnem lehetetlen volt megismerni. Figyelembe véve kis méretét (2390 km, ami a Föld átmérőjének a 18%-a, *4. ábra*) és távolságát a Földtől (kb. 40 CsE, 1 Csillagászati Egység = a Nap és Föld közötti átlagos távolság = 149,6 millió km), érthető, hogy csak a *Hubble-űrtávcsővel* készült képeken sikerült megfigyelni, hogy e parányi égitest alakja is megközelíti a gömbét. Elmondhatjuk tehát, hogy a Plútó teljesíti minden szempontból a második feltételt is.

A **harmadik** feltétel – miszerint a bolygónak tisztára kell söpörnien a pályáját övező térséget – az égitest születésének módját vizsgálja. A jelenleg elfogadott elmélet szerint, amikor az űrben egy por- és gázfelhő kezd összehúzódni és forgása felgyorsul, a forgás közepén lévő legsűrűbb felhőből alakul ki a csillag, a mi esetünkben a Nap. A forgás köz-



Föld

Hold

Plútó

4. ábra

A Föld, a Hold és a Plútó méretének összehasonlítása

ben leszakadt anyagok és a többi anyagrészt, amelyek nem zuhantak be a gravitáció hatására a központi csillagba, *protoplanetáris porkorongokat* alkotnak, és azokon belül később *ősbolygók*ká sűrűsödhetnek. Valószínű, hogy több ősbolygó is keringhet egy protoplanetáris korongon belül, amelyek ütközhetnek egymással, nagyobb égitestek születését eredményezve. Ezek közül azok, amelyeknek elég nagy oldalirányú sebességük van a keringéshez és így nem zuhannak be a keletkező csillagba, megkaparintják a pályájukon keringő anyagokat. Ezek ismeretében azt a következtetést lehet levonni, hogy egy megszületett csillag körül található *nagy méretű égitesteket és porkorongokat* (azokat a protoplanetáris korongokat, amelyekben nem alakultak ki ősbolygók). Viszont a Plútó és az összes hozzá hasonló égitest vagy az aszteroidaövezetben (Ceres, Pallas, Juno, Vesta stb.) vagy a Kuiper-övben (Eris, Sedna stb.) található, amelyek inkább porkoronghoz hasonlítanak. Sőt mi több, a Plútó, az egyik nála alig kisebb holdjával, a *Kháronnal*, több csillagász szerint – mivel a forgásközéppontjuk a Plútó felszíne felett található – kettős Plútó-Kháron rendszert alkot. Mindezeket összesítve megállapítható, hogy sem a Plútó, sem a hozzá hasonló égitestek nem teljesítik a harmadik pont feltételeit.

Ezek szerint nemcsak hogy nem lett tízedik bolygó az Eris, hanem a Plútó is elvesztette bolygó minősítését. Viszont akkor minek nevezhetjük továbbá a Plútót? Nincs okunk aggodalomra, hiszen az IAU erre is talált megoldást: megalapították a *törpebolygóké (dwarf planets)* fogalmát. A törpebolygók olyan csillagok körül keringő égitestek, melyeknek elég nagy a tömege ahhoz, hogy közel gömb alakúvá formálódhattak, de nem söpörték tisztára a protoplanetáris porkorongot maguk körül – ezért lehetnek a szomszédságukban hozzájuk hasonló méretű égitestek – és valamely bolygó holdját sem képezhetik, mint a nemrég említett Triton. Minden más bolygószerű objektum, amely egyik fenti kategóriába sem illeszthető be (egyes kisbolygók (aszteroidák) és Kuiper-objektumok, üstökösök) az *apró naprendszeri égitestek (small Solar System bodies)* megnevezésű csoportba sorolható.

A döntés értelmében tehát a Plútó többé hivatalosan sem tartozik a nagybolygók sorába, hanem egy törpebolygó kategóriájú égitest, amelyhez hasonlót már eddig is sokat találtunk, és várhatóan még többet fogunk felfedezni. Így a mi csillagrendszerünkben 8 nagy égitest: Merkúr, Vénusz, Föld, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz, és jelenleg (2007 januárjában) 3 törpebolygó: Ceres, Plútó, Eris (2003 UB₃₁₃) kering a Nap körül (5.ábra). Ugyanakkor fontos azt is megjegyezni, hogy a Földlakók a fagyott kis Plútó iránt tanúsított érdeklődése ennek ellenére cseppet sem vesztett erejéből. Bizonyították erre a 2006. január 19-én indított *New Horizons* amerikai űrszonda, mely a Naprendszer külső tartományai felé tartva 2015 júliusában éri el legfőbb kutatási célpontját, a Plútót. Mivel remélhetően 3-5 évtizedig lesz működőképes, távolabbi célpontokat is (más Kuiper-objektumokat) keresnek majd a szakemberek.



5.ábra

A Naprendszer „tagjai” és „beosztásuk”

Bár a Plútó bolygótörténete véget ért 2006 szeptemberében, a bolygókról szóló történet valószínűleg tovább folytatódik. A technológia fejlődésével egyre több mérési lehetőség és olyan távcső lesz, melyek segítségével más csillagok körül keringő égitesteket (*exobolygókat*) is azonosítani lehet. Ezért várható, hogy más csillagrendszerek megismerésével nemcsak a csillagászat, hanem a Földön kívüli élet és civilizáció keresése is sokat fog fejlődni. Addig pedig helyezzük magunkat kényelembe és élvezzük az ingyenes Nap-körüli útjainkat!

Bibliográfia:

- 1] Varga Domonkos, Varga András: Ég és Föld, Móra Kiadó, 1985
- 2] Robert Ceman, Eduard Pittich: A Világegyetem 1. A Naprendszer, Geobook Hungary Kiadó, 2000
- 3] journal.copernicus.org/en/content/view/20/42/
- 4] www.wikipedia.org
- 5] www.origo.hu/tudomany/vilagur/

Kaucsár Tamás

Alfa-fizikusok versenye

2003-2004.

VII. osztály – IV. forduló

1. Kutass és válaszolj!

(5 pont)

- a). Ugyanannak a testnek a súlya nagy magasságban ... mint a Föld felszínén.
- b). A gravitációs gyorsulás az Egyenlítőnél ... m/s^2 , a 45° földrajzi szélességnél ... m/s^2 , az Északi sarkon pedig ... m/s^2
- c). Az egyenlítőnél a kb. tengerszint feletti magasságban mekkora a „g”

3000 m-en ... m/s^2 ,	6000 m-en ... m/s^2 ,
9000 m-en ... m/s^2 ,	12000 m-en ... m/s^2 ,
15000 m-en ... m/s^2	

2. Két erő maximális eredője 70N, minimuma 10N. Mekkora a két erő eredője 90° esetén? (levezetés és grafikon). Grafikusan határozd meg 20° -os szög esetén is az eredő nagyságát. (4 pont)

3. Két erő \vec{F}_1 és \vec{F}_2 hat egy testre. Az \vec{F}_1 nagysága egyenlő a két erő eredőjének, az R-nek a nagyságával és egymással 90° -os szöget zárnak be. Mekkora az \vec{F}_2 erő nagysága és az \vec{F}_1 , \vec{F}_2 erők által bezárt szög? ($\vec{F}_1 = R = 10N$) (5 pont)

4. A grafikonon milyen fizikai jelentése van a besatírozott területeknek?

Mekkora az F_X értéke, ha a teljes mechanikai munka 500J? (5 pont)

