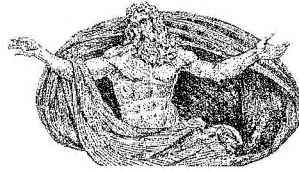


Uránusz, az ismeretlen bolygó I.

„Uranosz a görög istenek első nemzedékének képviselője, melyet lázadással döntöttek meg; legyőzőjét és utódját a világ feletti uralomban, Kronoszt ugyancsak legifjabb fia, a lázadó Zeusz taszította le a trónról, hogy aztán ő maga uralkodjék istenek és emberek felett...”



Ha valaki megkérdezné, melyik nagybolygóról tudunk a legkevesebbet, minden bizonnyal az Uránuszt válaszolnám (feltéve persze, ha a Plútót nem tekintjük nagybolygónak). Hiszen túl távol van a rendszeres távcsöves megfigyeléshez, a Voyager-2 1986-os közelrepülésekor egy gyakorlatilag homogén, alakzatmentes légkört fotózott le. A bolygóval kapcsolatos újabb eredmények azonban arra engednek következtetni, hogy az Uránusz ma már egészen másként nézhet ki, mint a Voyager-misszió idejében. Ezért is érdemes talán egy kicsit többet foglalkozni ezzel a kicsit elfeledett, „ismeretlen” bolygóval.

A cikk három nagy egységből áll, ahogy az Uránusz-kutatásnak is három nagyobb fázisa van. Az első a bolygó felfedezésétől a Voyager-látogatásig tart, a második maga az űrszondás felderítés, a harmadik pedig, ami azóta történt. Más gázóriásnál a Voyager-szondák rengeteg új eredményt hoztak, az Uránusznál azonban gyakorlatilag alig-alig. De erről majd később...

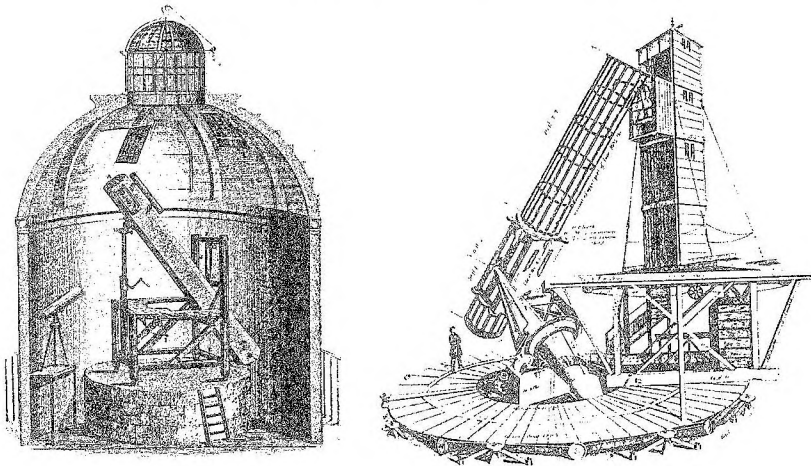
Erről a bolygóról persze nem lehet elmondani, hogy „már a görögök is”. Pedig, olvasva a fenti idézetet, sok érdekesség szemet szúr. Először is, hogy Uranosz görög isten, holott hét (nyolc) társa mind római (Uranosz római megfelelője Caelus.) Illetve, hogy egykor a Világegyetem ura és parancsolója volt (közvetlenül Khaosz hatalmát követően). Anyja és későbbi felesége a Földanya, Gaia volt. Csakhogy Uranosz nem volt az a jó apa típus, százkezü óriás gyermekeit például a föld belsejébe vetette. Gaia erre felbuzdította titán fiait, hogy lázadjanak apjuk ellen. Egyik fia, Kronosz, Gaia segítségével aztán letaszította a trónról, hogy aztán ő legyen a világ ura. Kronosz a római mitológiában Szatumusznak felel meg. A mitológiai történet aztán úgy folytatódik, hogy Kronosz, hogy elkerülje, ami az ő apjával történt, születésük után megette gyermekeit. Végül csak egy gyermek menekült meg, aki ugyancsak sikeresen fellázadt apja ellen. Zeusznak, azaz Jupiternek hívták... Uránuszt, akit korábban lázadásal döntöttek meg, máig „megdöntve” kering a Nap körül.

A felfedezéstől a látogatásig

Ha azt kérdezném, ki fedezte fel az Uránuszt, a helyes válasz: William Herschel. De mi a válasz arra a kérdésre, hogy ki figyelte meg, ki észlelte először az Uránuszt? Mert bizony ezzel a bolygóval is az a helyzet, mint a Neptunusszal. Nagyon sokan megfigyelték már Herschel előtt is, csak éppen nem tudták, hogy bolygót látnak. Összesen 19, Herschelt megelőző Uránusz-észlelésről tudunk. 1750-ben Lemonnier például csak azért nem fedezte fel, mert nem egy lapra írta megfigyeléseit, ha úgy tesz, minden bizonnyal feltűnt volna neki az elmozdulás. A teljesség kedvéért persze hozzá kell tenni, hogy Herschel sem nagybolygónak nézte először, hanem üstökösnek.

Hogyan is tehetné volna másképpen, ha akkortájt a tudósok érvelése sokszor ilyen volt: „Az egész fejen csak hét nyílás: két szem, két fül, két orr és egy szájnílás van: tehát bolygó sem létezhetik, csak hét.”

A felfedezés. A német születésű William Herschel orgonamester volt az angliai bathi templomban. A zene tudományos tanulmányozásán át jutott a matematikához, majd onnan az optikához. Mikor egyszer egy két láb hosszú teleszkóp került a kezébe, s látta, hogy a csillagok száma megszaporodik, az égbolt szerelmesévé lett. 1781. március 13-án egy hét lábnyi távcső (~ 2 m fókusztávolságú) segítségével 227-szeres nagyítással az Ikrekben vizsgálta a csillagokat, az egyik szokatlanul nagyknak tűnt. Tovább növelte a nagyítást (932-szeresig), és látta, hogy a csillag átmérője mind tovább nőtt. A hatodrendű égitest szabad szemmel éppen látható volt. Bár Herschel nem látott sem kómát, sem csóvát, az új égitestet az üstökösök közé sorolta.



Balra: William Herschel csillagvizsgálója. A hét láb (kb. 2 m) gyújtótávolságú távcsővel fedezte fel 1781-ben Herschel az Uránuszt. Jobbra: Lassel ezzel a távcsővel fedezte fel 1851-ben Arielt és az Umbrielt

III. György angol király a felfedezést és egy rövid személyes találkozót követően évi 800 fonttal támogatta a kutatásokat. Miután az „üstökös” tovább tanulmányozták, s megkezdtek a pálya kiszámítását, kiderült, hogy az üstökös bolygópályán mozog. Herschel az új bolygót rögvest el is nevezte *Georgium sidus*nak, azaz a király tiszteletére *György csillagának*. Mások a bolygónevek mitológiai jellegére és Angliára való tekintettel *Neptun* tengeristenről akarták elnevezni. Később, hogy az „istensort” – fiú, apa, nagypapa – betarthatassák, javasolták az *Uránuszt*, illetve a felfedező okán a *Herschelt*. A két legelterjedtebb elnevezése a Herschel és az Uránusz volt.

A felfedezés a Naprendszer határát az 1456 millió km-ről 2828 millió km-re tolta ki.

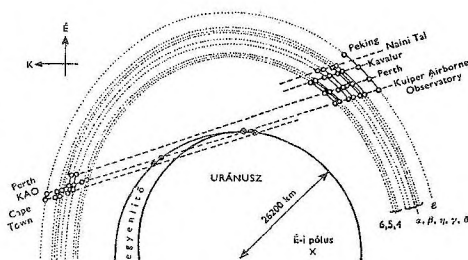
Később sorban fedezték fel holdjait. William Herschel 1787-ben felfedezte a Titaniát és az Oberont, majd Lassel 1851-ben az Arielt és az Umbrielt, végül 1948-ban Kuiper

a Mirandát. Az öt hold pályasíkja nagyon furcsa volt, szinte merőlegest zárt be az ekliptikával. Az Uránusz ezen öt holdját talán a Jupiter Galilei-holdjaihoz lehet hasonlítani. Persze számuk eggyel több, de ne feledjük, a Galilei-holdakhoz pármillió évvel előzött az Amalthea is hozzátartozhatott.

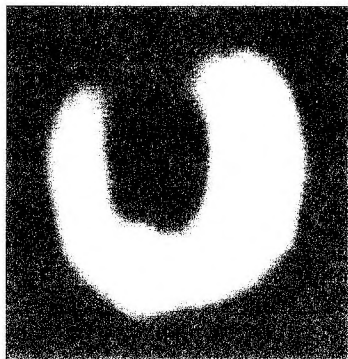
A gyűrűk. Ismeretterjesztő könyvek hosszú sorát idézhetném az Uránusz gyűrűjéről: a Voyager-2 egyik legnagyobb felfedezése. Az igazság azonban az, hogy földi megfigyelésekkel még az űrszondás vizitet megelőzően nemcsak hogy felfedezték a gyűrűt, de az ívek számát is meghatározták. (Mindehhez hozzátartozik, hogy a Földről a Neptunusz gyűrűjét is felfedezték, sőt, a Jupiter-gyűrűre az általa a bolygóra vetett árnyékból már 1960-ban következtettek.)

Az Uránusz gyűrűjére vonatkozó ismeretekhez a bolygóléggör összetételének megállapításához alkalmazott eljáráshoz hasonló módon jutottak. Azaz, amikor egy bolygó elhalad egy háttércsillag előtt, a csillag fényességváltozásából (ill. spektrumából) megállapítható a légkör összetétele. Gyűrű esetén mind a csillagfedést megelőzően, mind azt követően, szimmetrikusan hirtelen fényességsökkenést kapunk.

De nézzük csak szépen sorjában! Elsőként még maga Herschel gondolta, hogy gyűrűt lát az Uránusz körül. Ezzel kapcsolatos megfigyelései 1788/89-ben történtek. Mivel azonban nem volt biztos a dolgában, sohasem közölte. (És ezzel nem is követett el baklövést, mivel távcsövével eleve nem lehetett volna észlelni a gyűrűt.) 1977. március 10-én mutatták ki először a gyűrű létezését. Ekkor a bolygó a SAO 158687-es, 9 magnitúdós csillag előtt haladt el. A világ több csillagvizsgálójából detektálták a csillag fényességváltozását, öt esetben jól kivehetően lecsökkent a csillag fényessége. Ezen öt gyűrűt a görög abc betűivel jelölték, sorrendben: α , β , γ , δ és ϵ . Az összesített észlelési anyag teljes feldolgozása és elemzése után James Elliot megmutatta, hogy a β és γ gyűrűk között léteznie kell még egynek. Ez az η jelölést kapta. Később az α -n belül további gyűrűket találtak, ezeket rendre 4, 5 és 6 számokkal jelölték. Az így talált kilenc gyűrűt a későbbi csillagfedések alkalmával (pl. 1978. április 10-én) igazolták. Elliot és társai azonban továbbmentek. Fotometriai mérések eredményeiből



Az Uránusz gyűrűjének földi kimutatása az 1977. márciusi 10-i csillagfedéssel. A gyűrű a csillagot a bolygó mindkét oldalán szimmetrikusan kitararta, amiből a gyűrű szerkezetére lehetett következtetni



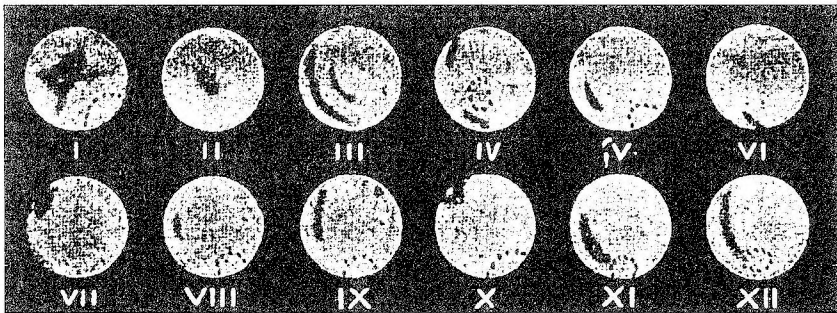
A palomar-hegyi ötméteres távcsövel készített kép az Uránusz gyűrűjéről

olyan következtetéseket vontak le, mint pl. hogy az α gyűrű egy szoros gyűrűpár, s hogy az η gyűrű bolygóhoz közelebbi oldalát egy erősen fényelnyelő sáv határolhatja. (Voltak, akik több tucat újabb ívet vételek felfedezni, de a Voyager-2 egyik újabb felfedezést sem erősítette meg.)

Az Uránusz keringése során a gyűrű síkja a látóirányhoz képest évente 4 fokkal elfordul, így megalkothatták a gyűrű térbeli modelljét. Ezek szerint a gyűrűk az egyenlítői síkban találhatók, ellipszis alakúak, bár még a legelnyúltabb sem éri el a földpálya excentricitását. (A Voyager-2-nek nem maradt sok dolga. Összesen két vékony gyűrűt fedezett fel, néhány ív társaságában.) A gyűrűt végül a palomar-hegyi ötméteres teleszkóppal örökítették meg.

Mit fedeztek még fel (majdnem) a földi megfigyelők? Az alábbi idézet a Föld és Ég 1986. januári számából van, melyben a Voyager-közelítés előtti ismereteket foglalták össze: „Az egyes gyűrűk vékonyságát egy ma általánosan elfogadott elképzelés szerint az okozhatja, hogy parányi holdcacsok zavarják a gyűrűkben keringő törmelék mozgását, s keskeny sávokba »tömörítik« az anyagot. Ez azt jelentené, hogy legalább tíz, ma még felfedezetlen kis hold kering az Uránusz körül.” Milyen érdekes, hogy a Voyager-2 épp tíz kis holdat fedezett fel az Uránusz körül.

Az aktív légkör. Giovanni Schiaparelli olasz csillagász munkássága nyomán a kortársak a kisebb közetbolygókat csatornákkal hálózták be. Így a Mars-csatornák mellett lettek Merkúr- és Vénusz-csatornák, sőt, Ganymedes- és Io-csatornák is. A Jupiter azonban változatos légkörű gázóriásnak mutatta magát már évszázadokkal ezelőtt is. Ezért, ha nem is látták megfelelő részletességgel a távolabbi nagybolygókat, a mintát a Jupiter jelentette. Így talán annyira nem is meglepő, hogy az Uránuszon is foltokat, sávokat láttak a csillagászok. Ám, ha figyelembe vesszük, hogy a bolygó korongja a Földről kb. 4 ívmásodperc, nem igazán reménykedhetünk részletgazdag képekben. (A Stratoscope-2 légköri ballonra egy 0,1 ívmásodperces felbontású, 90 cm-es távcsövet szereltek fel, ám még így sem láttak felszíni részleteket. Ezen akkoriban nem csodálkoztak, hiszen a grafikus megfigyelések – például az üstökös-kutatásban – sokkal több részlettel szolgálnak.) Brenner, Henry, Antoniadi, O'Meara, Rudenko, Steavenson, Bartha – csak néhány észlelő, akik sávokat láttak az Uránuszon.



Leo Brenner 1896-ban készült észleléssorozata az Uránuszról. Rajzait érdemes összehasonlítani a Hubble Űrteleszkóp felvételeivel

A földi színképelemzésekből is bőséggel nyerhetők információk, noha egy bolygónak nincs önálló fénykibocsátása, ami jelentősen megnehezíti az eljárást. Am van nekünk egy Nap nevű csillagunk, ami kölcsönad némi fényt színképelemzés céljára az Uránusznak. A napfény bizonyos mértékig behatol a bolygó légkörébe, és úgy módosul, hogy a légkörre jellemző színképvonalak keletkeznek benne. Az így visszavert és módosult fény persze még a Föld légkörébe is belép. Ezért hosszas szűrő eljárásokra van szükség, míg a bolygóra jellemző vonalakat megkapjuk. A nyert adatok kiegészíthetők csillagfedéskor. Ilyenkor a csillag fénye az elnyelődés hatására megváltozik, amit az eredeti csillagfényvel összehasonlítva megkapjuk a bolygó spektrumát.

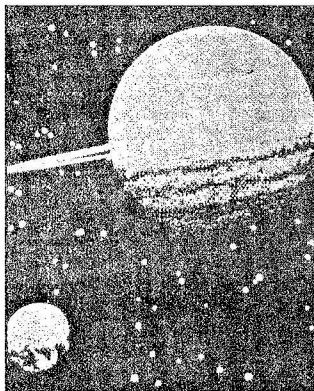
Flammarion az Uránusz légkörével kapcsolatban ezt írja: „Ez a légkör különbözik a miénktől elnyelési képességre nézve, de jobban hasonlít a Saturnus és Jupiteréhez, s ez is foglal magában egy olyan gáznemet, mely a Földön nem létezik.” Később azonosították az ismeretlen anyagot: a deutérium volt. Az Uránusz spektrumában a metán (CH_4) széles, sötét elnyelési sávjai a legfeltűnőbbek. Ezenkívül kimutatható a hidrogén, a deutérium, az ammónia (NH_3), etán (C_2H_6), etilén (C_2H_4) és az acetilén (C_2H_2) is.

A bolygó tengely körüli forgását először Bergstrand mérte meg 1904-ben, aki ekkor az Ariel hold mozgásának vizsgálatából vezette le a 11 órás forgási periódust. A holdpálya nagytengelye állandó mozgást végez. Ebből kiszámítható a bolygó lapultsága, melyre Bergstrand $1/15$ -öt kapott. (A valódi $1/14$ -del ez jó egyezést mutat.) Bergstrand feltételezte, hogy a bolygó tömegelrendeződése a Szaturnuszéhoz hasonló, a lapultság figyelembevételével a bolygón egy nap valóban 11 óráig tart.

1910-ben aztán a bolygóra látás már megfelelő volt a Doppler-effektussal történő mérésekhez. A forgás következtében a bolygó egyik oldala állandóan távolodik, a másik pedig közeledik, így az egyes színképvonalak eltolódnak. Persze ez csak kis mértékű lehet, mégis, megfelelő műszerekkel kimutatható. A Doppler-effektussal az egyenlítőre 4 km/s -os sebességet mértek, ez 10 óra 50 perces teljes periódusnak felel meg. Később többen próbálták meg ismételtelen levezetni a forgási periódust, de gyakorlatilag teljesen eltérő eredmények születtek.

Hayes és Belton rácspektrográffal 24 órát, Percival Lowell és Slipher 1912-ben 11 órát, Campbell vizuális fotometriával 21,6 órát, Trafton 23 órát, James Elliot 12,8 órát kapott, a Stratoscope-2 ballon vizsgálatai 16,6 óras forgásra engedtek következtetni. Így a Voyager-2-ig nem sikerült eldönteni, mekkora egy uránuszi nap.

A bolygó mágneses tere. Az IUE csillagászati műhold 1982-es ultraibolya vizsgálataiból kiderült, hogy a hidrogén Lyman- α vonalában az égitest jóval fényesebb, mint azt az ott mérhető napsugárzás igazolhatná. Ezért a kutatók azt feltételezték, hogy a többlétsugárzás okozója az uránuszi sarki fény lehet. Ez arra utal, hogy a bolygót viszonylag erős mágneses tér, kiterjedt magnetoszféra veszi körül.



A Voyager-2 elhaladása előtt így képelték az Uránuszt a földi megfigyelések alapján: felhősávok a légkörben, gyűrű a bolygó körül

HORVAI FERENC