

## Miért is láthatta Galilei a Neptunuszt?

A történelem úgy hozta, hogy a Neptunusz 1846-os felfedezésére az Uránusz felfedezése vezetett, és nem fordítva, pedig elég közel álltunk ehhez a lehetőséghez. Véletlen szerencse folytán ugyanis Galileo Galilei 234 évvel korábban megfigyelte a Neptunuszt. Sajnos azonban nem ismerte fel, hogy egy addig ismeretlen bolygót lát.

Az érdekes lehetőség kapcsán elgondolkozhatunk azon, hogy vajon hogyan alakult volna a csillagászati kutatások története, ha felismeri? Newton, az égimechanika és a pályaszámítások kidolgozása előtt felfedezett új bolygó vajon mennyire változtatta volna meg a felismerés menetét? Egyáltalán csillagterképek hiányában megtörténhetett volna-e a felfedezés? Vagy a felismerés után azonnal elveszítette volna Galilei a halvány „csillagocskát”?

De nézzük meg, hogy hogyan is történtek valójában az események!

Az Uránuszt William Herschel 1781. márc. 13-án fedezte fel. Az új bolygót sokan és sokszor figyelték meg, mérték pozícióját, hogy minél pontosabb pályát számolhassanak ki. A 84 év keringési periódushoz viszonyítva rövid megfigyelési idő miatt kezdetben senki sem csodálkozott azon, hogy az előrejelzések nem pontosak. Ahogy azonban az észlelések egyre hosszabb pályáivet fogtak át, egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy nemcsak az extrapoláció zavarhat abban, hogy az Uránusz nincs pontosan az előrejelzett helyen. Többen — köztük Angliában Thomas J. Hussey amatőr csillagász is 1834-ben — felvetették annak lehetőségét, hogy talán egy eddig ismeretlen bolygó zavaró hatása lehet a jelenség mögött. Hogy ez a felismerés viszonylag hamar megszülethetett, az annak köszönhető, hogy az Uránusz és a Neptunusz 1821–22 során együttállásba került, s ahogy egyre jobban megközelítették egymást, az Uránusz mozgására egyre nagyobb hatással volt a Neptunusz.

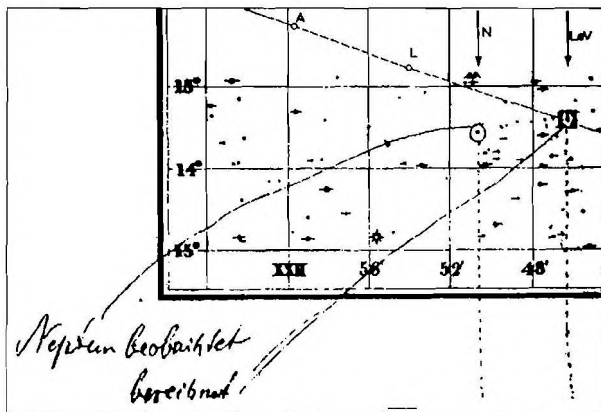
Hogy mennyire „a levegőben volt” egy addig ismeretlen bolygó feltételezése, arra jellemző, hogy egymás munkájáról nem tudva ketten is nekiláttak a feladat megoldásának. A már meglévő égimechanikai ismeretekre támaszkodva Franciaországban Urbain Jean Joseph Le Verrier, Angliában John Couch Adams próbálta kiszámítani az Uránusz mozgását zavaró tömeg nagyságát és pályáját, és előrejelezni várható pozícióját. A versenyfutás francia győzelemmel ért véget, és ezt az angolszások mind a mai napig nagy kudarc-élményként élik meg, nem bocsátva meg a késést okozó közreműködők — leginkább Sir George Biddel Airy angol királyi csillagász — „bűneit”.

Értem persze őket. Azt hiszem azonban, hogy sok más nép is hozhatna számos hasonló példát saját történelméből, amikor is — ellentétben Adams esetével — a világ még később sem tudhatta meg tudósairól, hogy mekkora zsenik voltak. Olyan gyakran fordulnak ugyanis elő az ilyen esetek, hogy már eszébe sem jut senkinek megírni a történeteket. Így az sem derül ki, hogy milyen dicsőségtől, vagy a feltalálások alkalmazásának elmaradása miatt milyen haszontól esett el a kérdéses ország, vagy éppen mekkora hátrány halmozódott fel a következő generáció számára. Ez utóbbival kapcsolatban elég legyen itt csak a volt szocialista országok számítástechnikában és kibernetikában való lemaradását említeni az 50-es évek ostoba politikai hozzáállása miatt. Hát ilyen gondolatok ébrednek az emberben Adams kapcsán, ha kelet-európai!

Adams kálváriájának a története röviden a következő. Még 1841-ben tanulmányai idején Cambridge-ben James Challis csillagász professzor révén ismerkedett meg a problémával, és határozta el, hogy ha tanulmányait befejezi, nekilát kiszámolni az ismeretlen bolygó pályáját. Erre 1843-ban sor is került. Challis professzor segítségét kérte, aki Airyhez fordult levélben adatokért. Az adatokat meg is kapták. 1845 nyarára, amikor Le Verrier nekilátott a munkának, Adams már közelítő pozícióval rendelkezett, és szeptember közepére kész volt a részletes pályaszámítással. Jelentkezett vele Challisnál, aki ahelyett, hogy belenézett volna a távcsövébe, vagy javasolta volna a kezdő fiatalembernek, hogy publikálja eredményeit, elküldte őt Airyhez. Adams háromszor próbálkozott a királyi csillagásznál, de szeptember 23-án Airy Franciaországban tartózkodott, október 21-én pedig reggel is és délután is éppen házon kívül volt, amikor kereste. Ekkor otthagyta Airynek a számolást. Airy válaszolt ugyan, de levelében kérdezett valami lényegtelen dolgot az Uránusz pályájával kapcsolatban, amire Adams — megsértődve, amiért nem fogadták, és nem a munka lényegével foglalkoztak — sohasem reagált. Így nem történt semmi.

Közben 1845. november 10-én megjelent Le Verrier első közleménye a pályáról, 1846. június 1-jén pedig a második közlemény az új bolygó várható pozíciójáról. Június 23-án Airy meglátta a közleményt, és azt is láthatta, hogy a pozíció majdnem teljesen azonos az Adamsével. A június 26-án kelt levelében, amelyet Le Verriernak írt a megfigyelés néhány technikai kérdésével kapcsolatban, azonban Adams munkáját meg sem említette. Le Verrier válaszolt Airynek, aki erre végre elszánta magát, hogy tervet készítsen az új bolygó megfigyelésére. Miután Greenwichben a legnagyobb távcső is csak 6,7 hüvelykes volt, megbízta Challist Cambridge-ben, hogy az ottani 11,7 hüvelykes Northumberland-refraktórral álljon neki a keresésnek. Challisnak nem volt jó csillagtérképe az égnek arról a részéről a Capricornusban, és Airyvel együtt nem is hittek Adamsnek, aki 9<sup>m</sup>-nál fényesebbnek becsülte az új bolygót (7<sup>m</sup>,8 volt a felfedezés idején!), ezért, amikor július 29-én Challis végre nekilátott a munkának, akkor Airy javaslatára először 11 magnitúdóig egy 10 fok széles és 30 fok hosszú területen minden csillagot kontrollált a megadott pozíció körül. Ez 3000 csillag megvizsgálását jelentette, és persze nagyon sok időt vett igénybe, s ezzel gégervényesen elveszítették a versenyt.

Az angoloknak lett volna még egy harmadik lehetőségük, azonban ezt is kihagyták. Augusztusban ugyanis John Herschel, Sir William Herschel fia, Anglia vezető



Johann Galle és Heinrich d'Arrest ezt a térképet használta a Neptunusz felfedezésekor. A bejegyzések Galle kezétől származnak. A bolygó észlelt pozícióját N jelöli, Le Verrier előrejelzését LeV, Adamsét A jelöli

csillagászainak egyike, meglátogatta amatőr csillagász barátját, William Rutter Dawest Liverpool közelében, és elmesélte neki a várható eseményeket. Rábeszélte, hogy ő is próbálja meg megkeresni az új bolygót 6 hüvelykes refraktorával. Dawes maga nem kezdett bele a keresésbe, de szeptember elején írt barátjának, William Lassellnek, hogy 24 hüvelykes reflektorával próbálja meg megkeresni a bolygót, amely a korong alakú kép alapján az ő nagy távcsövével talán könnyen megtalálható. A levél azonban sajnos valahova elkeveredett Lassell lakásában, s mire újra megkérdezte volna az előrejelzett pozíciót Dawestől, addigra a Times 1846. október 1-i száma már közölte, hogy „Le Verrier bolygóját felfedezték”.

Le Verrier ugyanis 1846. augusztus 31-én elküldte eredményeit a párizsi obszervatóriumnak, s miután — ugyanúgy mint Angliában — ott sem történt semmi, elveszítve türelmét szeptember 18-án levelet írt a berlini királyi obszervatóriumba az általa ismert Johann Gottfried Gallénak, felajánlva a kiszámolt pozíciót. Galle szeptember 23-án kapta meg a levelet, azonnal engedélyt kért Johann Franz Encke igazgatótól a 9,5 hüvelykes, kitűnő Fraunhofer-refraktor használatára, és még aznap este Heinrich d'Arrest fiatal észlelővel megkezdte a munkát. Ők azonnal a megadott pozícióra álltak, és a korongszerű megjelenés alapján kezdték keresni a bolygót. Miután azonban nem találták, d'Arrest javaslatára egy éppen elkészült új, jó csillagterkép alapján keresték azt tovább, úgy, hogy Galle mozgatta a távcsövet, diktálta d'Arrestnek az éppen a látómezőbe lépett csillag rektaszencióját, d'Arrest pedig a térképen ellenőrizte. Kevesebb, mint fél óra alatt egy 8<sup>m</sup>-s objektumot találtak a 22 óra 53 perc 25 másodperc rektaszenciójánál, amely nem volt rajta a térképen. Másnap este Galle újra leellenőrizte az objektumot, látta, hogy tényleg elmozdult, tehát bolygó, így szeptember 25-én a következő szövegű levelet küldte Le Verriernek: „A bolygó, amelynek pozícióját Ön megadta, létezik.... Engedje meg, hogy gratuláljak tisztelettel Önnek a brilliáns felfedezéshez, amellyel Ön a csillagászatot gazdagította”. S mi tegyük hozzá, hogy ehhez a gazdagításhoz egyenrangúan hozzájárult Galle és d'Arrest is.

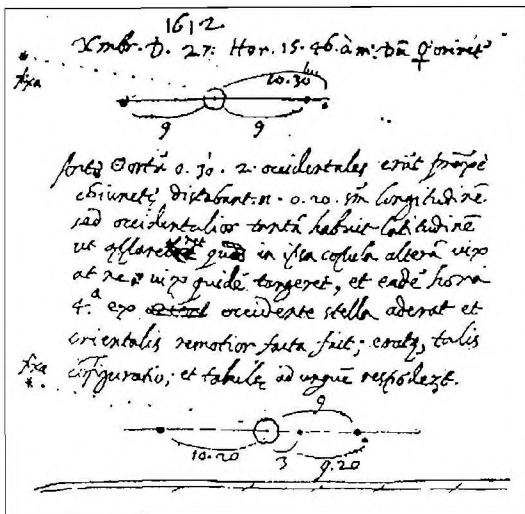
### A Neptunusz felfedezésének krónikája Sheehan, Baum és Moore nyomán

1781. márc. 13.	Az Uránusz felfedezése (William Herschel).
1821–22	Uránusz–Neptunusz együttállás; a Neptunusz zavaró hatása a legnagyobb az Uránusz mozgására (az ezt követő együttállás 1993-ban; napjainkban).
1834	Thomas J. Hussey felhívja George Airy figyelmét, hogy egy addig ismeretlen bolygó zavarhatja az Uránusz mozgását. Airy szerint nem elég fejlett még az elmélet, ezért nem foglalkozik a kérdéssel.
1841	John Couch Adams elhatározza, hogy foglalkozni fog az Uránusz mozgását zavaró bolygó pályájának meghatározásával.
1843	Adams befejezi tanulmányait Cambridge-ben, s hogy megkezdhesse a számolásokat, James Challis professzortól kér segítséget: együtt írnak Sir George Airy királyi csillagásznak, aki adatokat küld nekik; Adams belekezd a számításokba.
1845 közepe	Adamsnek közelítő pozíciója van. Urbain Jean Joseph Le Verrier elkezdí a munkát.
szept. közepe	Adams kész a részletes pályaszámítással, jelentkezik vele Challisnál, aki Airyhez küldi; Adams háromszor keresi Airyt hiába (szept. 23-án, majd okt. 21-én kétszer), Adams otthagya Airynek a számításokat.
nov. 5.	Airy kérdez valami triviálisat, Adams nem válaszol, így nem történik semmi.

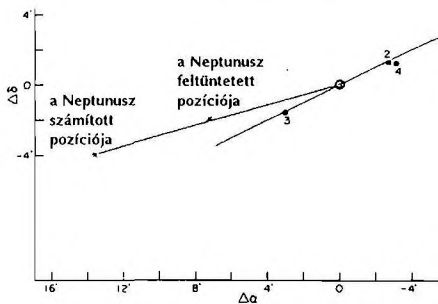
nov. 10.	Le Verrier első közleménye megjelenik a pályáról.
1846. jún. 1.	Le Verrier második közleménye megjelenik a pozícióról.
jún. 23.	Airy látja Le Verrier közleményét, és azt, hogy pozíciója hasonló Adamséhoz.
jún. 26.	Airy levelet ír Le Verriernek nem említve Adamset.
jún. 29.	Airy tervet készít az új bolygó megkeresésére: a keresést Challisra bízta Cambridge-ben.
júl. 29.	Challis elkezdti a munkát; nincs jó térképe, és Airyvel együtt nem hisz Adamsnek, aki 9 <sup>m</sup> fényesnek jelezte előre a Neptunuszt: 11 <sup>m</sup> -ig mindent kontrollál (sok idő).
augusztus	John Herschel említi Dawesnek a felfedezés lehetőségét.
aug. 4.	Challis látja a Neptunuszt, de nem ismeri fel.
aug. 12.	Challis másodszor is látja a Neptunuszt, de most sem ismeri fel.
aug. 31.	Le Verrier felajánlja a pozíciót a párizsi obszervatóriumnak, közli, hogy a korongszerű megjelenés alapján felismerhető az új bolygó. Párizsban nem csinálnak semmit.
szept. eleje	Dawes Lassellnek ír Liverpoolba: keresse az új bolygót a 24 hüvelykes reflektorával. A levél elveszik Lassel lakásában.
szept. 10.	John Herschel a tudós társaságban elmondja, hogy nemsokára felfedezés fog történni.
szept. 18.	Le Verrier megírja Johann Gottfried Gallénak a pozíciót Berlinbe.
szept. 23.	Galle megkapja Le Verrier levelét; azonnal Johann Franz Encke igazgató engedélyt kéri a 9,5 hüvelykes Fraunhofer-refraktor használatához; este Heinrich d'Arrest fiatal észlelővel nekilát a keresésnek a korongszerű megjelenés alapján; nem látják; d'Arrest ötlete: csillagtérkép alapján keressék; 30 perc alatt, éjfél körül megtalálják: 22 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> rektaszkenzióánl nincs csillag a térképen, 8 <sup>m</sup> -s, 55'-re (2 Hold-átmérőnyire) az előrejelzett helytől (Adams pozíciója 2 foknyira van).
szept. 24.	Galle látja, hogy elmozdult, tehát valóban bolygó.
szept. 25.	Galle levele Le Verriernek: „A bolygó, amelynek pozícióját Ön megadta, létezik...”
szept. 29.	Challis harmadszor is látja a Neptunuszt, de nem ismeri fel.
okt. 1.	A felfedezés híre eléri Angliát.
okt. 2.	Herschel kérésére Lassell reflektorával megkeresi a Neptunuszt, hátha holdat talál körülötte; ő azonban „gyűrűt” lát, ami csak az optika játéka lehetett.
okt.10.	Lassell felfedezi a Neptunusz mellett a Tritónt.
1847. júl.	A Triton léte megerősítést nyer.

A történetet 133 évvel később folytatjuk, amikor is megjelent a Sky and Telescope-ban Steven C. Albers cikke arról, hogy melyik bolygó mikor takarta illetve takarja el a másikat. Albers 1570 és 2223 közötti 650 éves időszakra 21 ilyen esetet talált (I. Táblázat). Erre az Albers-féle táblázatra az 1613-as Jupiter–Neptunusz fedés miatt felfigyelt Charles Kowal, aki rájött arra, hogy ez milyen szerencsés véletlen. Ebben az időben ugyanis közvetlenül a távcső feltalálása után, Galileo Galilei a Jupiter holdjainak felfedezését követően nagyon sok megfigyelést végzett annak érdekében, hogy a holdak keringési idejét pontosan meghatározza. Gyakorlati hasznosításra gondolt ugyanis, mégpedig a holdak pozícióját a hajózás megkönnyítésére a földi hosszúság meghatározására vélte felhasználhatónak. Ez ügyben hosszasan levelezett is a spanyol királyi udvarral. Megfigyelései két nagy füzetet töltenek meg, s ezek most is megvannak Firenzében.

Kowal úgy okoskodott, hogy ha 1613 elején a Jupiter elfedte a Neptunuszt, akkor 1612 végén, 1613 elején Galileinek a távcsövében látnia kellett a Neptunuszt, és esetleg feljegyzéseiben még meg is említhette. Pozíciója pedig nagyon fontos lenne, miután 1846. szept. 24-i felfedezése óta a Neptunusz még nem járt végig egy teljes pályát a Nap körül, hiszen a keringési ideje 165 év.



2. ábra. Részlet Galilei naplójából (1612. dec. 27/28.).  
 A Neptunusz a Jupitertől balra, fent látható („fixa”  
 megjegyzéssel)

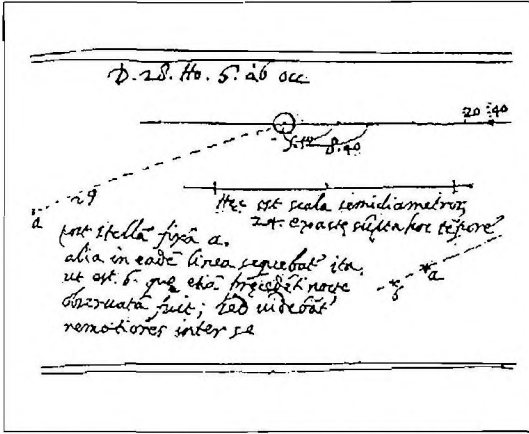


3. ábra. A Neptunusz és a Jupiter-holdak  
 helyzete 1612. dec. 28-án 3:46 UT-kor

A Nature-ben megjelent, S. Drake-vel közösen írt cikkében C. Kowal ismerteti, amit Firenzében találtak. Kiszámolták, hogy ha Galilei távcsövének látómezejét 17 ívpercesnek tételezzük fel, akkor 1612. dec. 28 és 1613. jan. 28-a között a látmezőben Galileinek látnia kellett a Neptunuszt. Ezen időszak alatt Galilei 13-szor észlelt, és két alkalommal valóban regisztrálta is a Neptunuszt, mint a háttér egyik „csillagát”, mégpedig 1612. dec. 28-án és 1613. jan. 28-án. A többi 11 alkalommal (1613. jan. 2., 3., 5., 20., 21., 22., 23., 24., 25., 26., 27.) nem tett róla említést, ami igazából nem nagyon érthető.

Az 1612. dec. 28-i megfigyelés rajza az 2. ábrán látható. A 15 óra 46 perc idő azt jelenti, hogy Galilei déltől mérte az időt, ezért van a rajzon dec. 27-i dátum. A Jupiteren és holdjain kívül pontozott vonallal megjelölt egy csillagot, amely valójában a Neptunusz volt, és odaírta, hogy „fixa”, azaz „állócsillag”. Az a tény, hogy pontozott vonallal rajzolta, és a lap szélén jelezte, azt jelentheti, hogy a helye már nem fért rá a füzet papírájára, de abban az irányban kellett volna rajzolni. Számítások utólag igazolták ezt az irányt (3. ábra).

Az 1613. jan. 28-i megfigyelés (4. ábra) érdekesebb egy megjegyzés miatt. Mint azt Francesco Bertola írja, az ábrát szemlélve az embernek az az érzése, hogy Galilei mindent igen nagy pontossággal le akart írni. A holdak távolságát Jupiter-sugár egységben számmal odaírta a holdak mellé. Külön megadta a skálát, és latinul odaírta, hogy 24 félátmérőnyi az egység. A Jupiteren és holdjain kívül feltüntetett még két csillagot is, *a*-val és *b*-vel jelölve őket. Az *a*-t összekötötte a Jupiterral, és ráírta, hogy 29 a távolság az *a* és a Jupiter között. A *b* csillag nem fért a füzetlapra, de rajta van az *a*-Jupiter vonalon, és külön felrajzolta alul az *a*-*b* távolságot, és még rá is írta, hogy 3,75 Jupiter-sugár. Ez az ábrán lévő méretarányból számolva körülbelül 1 ívperc. Érdekes megjegyzést fűzött hozzá magán az ábrán:



4. ábra. Részlet Galilei naplójából (1613. jan. 27/28.)

sének a dicsősége. A Neptunusz mozgásában bekövetkező változások megfigyelése esetleg később az Uránusz felfedezésére vezethetett volna. De nem tűnt fel neki, nem követte tovább, s a Neptunusz elhagyta távcsövének látómezejét.

(„Nem azé a nyúl, aki meglátja, hanem azé, aki megfogja”, mondja a magyar, és így a felfedezés dicsősége a precíz németeké lett, igaz, rávezetéssel, amit az angolokhoz hasonlóan szintén tehetetlenkedő kortársaival elégedetlen Le Verrier nyújtott nekik azzal, hogy megírta, hogy hova kell lőni, ha nyulat akarnak fogni. És ők lőttek precízen, jó puskával, azonnal, ahogy szoktak.)

A modern csillagkatalógusokból azonosítható Galilei  $a$  csillaga: ez a SAO 119234 7<sup>m</sup>,1-s csillag. Galilei pozíciója tökéletes. Az 1613. jan. 28-i ábrán a  $b$  „állócsillag” a Neptunusz. Az iránya ennek is tökéletes a most ismert pálya visszaszámolása alapján, de kétszer olyan messze kellett hogy legyen  $a$ -tól, mint ahogy az ábrán Galilei jelezte (5. ábra).

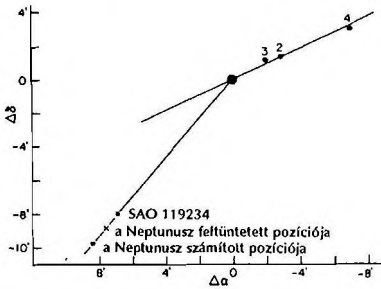
Hogyan sikerülhetett Galileinek közvetlenül a távcső feltalálása után ilyen pontos méréseket végrehajtania? Most megint Bertolát idézzük. Más megfigyelésével kapcsolatban írta le egyszer Galilei, hogy hálót használt, amit kívül helyezett rá a távcsőre az objektív közelében. Egyik szemével az optikán nézett át, másik szemével a hálót nézte, és a két kép az agyában állt össze egyetlen képpé. Ha

„az  $a$  csillag alatt van a  $b$  csillag ugyanabban a vonalban, amelyet az előző éjszaka megfigyeltem, de a távolságuk változott”. Azért érdekes ez a megjegyzés, mert egyrészt arra utal, hogy előző nap is látta a Neptunuszt, amikor pedig nem tett megjegyzést rá a füzetben; lehetett tehát ilyen eset a felsorolt 11 napon többször is. Másrészt azért, mert felfogta, hogy elmozdult a két „csillag” egymáshoz képest. Ha felismeri, hogy egyikük bolygó, és megfigyeli, hogy melyik mozog, övé lehetett volna a Neptunusz felfedezése.

#### I. táblázat. A bolygók kölcsönös fedései 1557 és 2230 között

Dátum	fedő bolygó	elfedett bolygó
1570. febr. 5.	Vénusz	Jupiter
1590. okt. 13.	Vénusz	Mars
1613. jan. 4.	Jupiter	Neptunusz
1623. aug. 15.	Jupiter	Uránusz
1702. szept. 19.	Jupiter	Neptunusz
1708. júl. 14.	Merkúr	Uránusz
1708. okt. 4.	Merkúr	Jupiter
1737. máj. 28.	Vénusz	Merkúr
1771. aug. 29.	Vénusz	Szaturunusz
1793. júl. 21.	Merkúr	Uránusz
1808. dec. 9.	Merkúr	Szaturunusz
1818. jan. 3.	Vénusz	Jupiter
2065. nov. 22.	Vénusz	Jupiter
2067. júl. 15.	Merkúr	Neptunusz
2079. aug. 11.	Merkúr	Mars
2088. okt. 27.	Merkúr	Jupiter
2094. ápr. 7.	Merkúr	Jupiter
2123. szept. 14.	Vénusz	Jupiter
2126. júl. 29.	Merkúr	Mars
2133. dec. 3.	Vénusz	Merkúr
2223. dec. 2.	Mars	Jupiter

milliméteres távolságban voltak a szálak, akkor távolítva vagy közelítve a hálót éppen a Jupiter sugarát mérhette a szálak távolsága. Ilyen zseniálisan oldotta meg a pontos mérés problémáját!



5. ábra. A Neptunusz, a Jupiter-holdak és egy csillag kölcsönös helyzete 1613. jan. 28-án 23:00 UT-kor

## II. Táblázat. A Neptunusz felfedezése (1846. szept. 23.) előtti megfigyelések

1612. dec. 28.	Galileo Galilei
1613. jan. 28.	Galileo Galilei
1795. máj. 8.	Michel de Lalande
1795. máj. 10.	Michel de Lalande
1830. júl. 14.	John Herschel
1845. okt. 25.	John Lamont
1846. aug. 4.	James Challis
1846. aug. 12.	James Challis
1846. szept. 7.	John Lamont
1846. szept. 11.	John Lamont

S ha ennyire precízen dolgozott Galilei — s a többi pozíció is ezt igazolja —, akkor a kétszeres eltérést az *a* és *b* csillag távolságában akár komolyan is lehet venni. Lehetőség, hogy ez nem mérési hiba, hanem valóban reális eltérés — gondolta Kowal. Miután a Neptunusz 1846. évi felfedezése óta még nem futott be egy teljes pályát a Nap körül, nem biztos, hogy ezen nem teljes pálya alapján levezetett pályaelemek elég jók ahhoz, hogy megfelelő efemeriszeket adjanak 1613-ra, annál is inkább, mert pontosabb mérések csak 1910 után készültek. De 1 ívperces eltérés lehet reális is — például egy másik bolygó zavaró hatása miatt. Ezt a lehetőséget vetette fel Standish. Szerinte néhány földtömegnyi, a Plútón túli bolygó okozhat ekkora eltérést. Jó lenne tudni, hogy Galilei csak jelezni akarta *a* és *b* létét a füzetben, vagy méretarányosan rajzolta távolságukat. Ezt azonban, sajnos, már soha nem tudhatjuk meg.

Az Albers-táblázat 1702. szept. 9-ére is együttállást jelez a Jupiter és a Neptunusz között. Miután a Jupitert sokan és sokszor megfigyelték, előfordulhat, hogy ebből az időszakból előkerülnek még megfigyelések, ami nagyon fontos lenne. A Galilei-féle megfigyelésekhez hasonlóan ezeknek is lenne tudományos jelentőségük, és nemcsak tudománytörténetileg lennének érdekesek!

ILLÉS ERZSÉBET

## Irodalom

ifj. Kálmán Béla, A csillagászat legújabb eredményeiből.

Csillagászati évkönyv 1982. 141.

Steven C. Albers, Mutual occultations of planets: 1557 to 2230.

Sky and Telescope 1979. márc. 220–222.

Francesco Bertola, Le osservazioni di Galileo del pianeta Nettuno. Atti delle Celebrazioni Galileiane (1592–1992) II. 283. LINT, Trieste, 1995.

Charles T. Kowal, Stillman Drake, Galileo's observations of Neptune. Nature 287, 311–313., 1980. szept. 25.

Patrick Moore, The hunt for Neptune. Sky and Telescope 1996. szept. 42–43.

E. Myles Standish Jr. Nature 290 164–165., 1981. márc. 12.

William Sheehan, Richard Baum, Neptune's discovery 150 years later.

Astronomy 1996. szept. 42–49.