



ŰRKALEIDOSZKÓP

1027 Budapest, Fő utca 68. Postacím: 1371 Budapest, Pf. 433
Telefon/fax/üzenetrögzítő: (06-1) 201-84-43
www.mant.hu Számlaszám: 10300002-20617536-00003285

2008. május

XXII. évfolyam, 5. szám

kézirat gyanánt

A Jules Verne dokkolása

Az Európai Űrügynökség (ESA) teherűrhajó-sorozatának első példánya, a **Jules Verne** április 3-án autonóm üzemmódban, földi segítség nélkül összekapcsolódott a Nemzetközi Űrállomással (ISS). Az automata teherűrhajó-rendszer (ATV) első éles kipróbálására az előző napokban került sor, miután az **Endeavour** levált az űrállomásról. A teszt első lépéseként a Jules Verne március végén megközelítette az ISS-t, ekkor a GPS-rendszer adataira támaszkodva manőverezett. A módszer tökéletesen működött, és a kívánt pozíció elérését követően a teherűrhajó automatikusan eltávolodott az űrállomástól. A második „rárepülés” március 31-én történt, ekkor már jobban, egészen 11 méterre megközelítette az űrállomás Zvezda modulját. Ekkor a Videometer nevű rendszer segítségével határozta meg az ISS-hez viszonyított térbeli helyzetét. Utóbbi egy optikai alapú navigációs berendezés, amely „látja” a célpontot, és képes annak irányát, távolságát megállapítani. A manőver ismét hibátlanul zajlott. A manőverek végrehajtása és megfigyelése széles körű nemzetközi együttműködés keretében zajlott, amelyben az ISS részéről az amerikai, a Zvezda modul révén az orosz és az ATV-vel kapcsolatban az európai űrkutatási hivatalok működtek együtt.

Az ATV az ISS-t jelenleg kiszolgáló orosz **Progressz** teherűrhajókhöz hasonló, de annál háromszor nagyobb kapacitású és modernebb szállítóeszköz. Két nagy egységből áll: a szervizmodulból, amely a meghajtást és a navigációt biztosítja, valamint a tehermodulból, amelynek belső, 48 köbméter térfogatú részébe lehet rakodni a szállítmányt. Utóbbi belsejében földfelszíni nyomás alatti légtér van, ezért az űrállomással történő összekapcsolódást követően űrruha nélkül lehet be- és kipakolni belőle. Egy-egy ATV maximálisan 5,5 tonna száraz terhet (élelmiszerek, különböző technikai eszközök, az új kísérletekhez tartozó felszerelések, ruhák, személyes tárgyak, ajándékok, postai küldemények, stb.), 840 kg vizet, 100 kg gázt és 4,7 tonna üzemanyagot képes az űrállomáshoz feljuttatni, majd küldetése végén összesen 6,5 tonnányi feleslegessé vált terhet eltávolítani onnan. *(www.origo.hu, Kereszturi Ákos)*

Személyzetcsere és dél-koreai űrhajós a Nemzetközi Űrállomásnál

Bajkonurból három újonccal – két orosz kozmonautával és az első dél-koreai űrhajóssal – a fedélzetén április 8-án indult a Nemzetközi Űrállomás (ISS) felé a **Szojuz TMA-12** űrhajó. A Szojuz személyzetének orosz tagjai – Szergej Volkov parancsnok (34 éves) és Oleg Kononyenko (43) fedélzeti mérnök – mellett államközi egyezmény alapján a Koreai Köztársaság első űrhajója, Li Szo-jun (Yi So-yeon) 29 éves biomérnök is utazott. Az oroszok alkotják majd az ISS 17. számú állandó személyzetét. A korai űrhajós hölgy két mostani állandó űrállomáslakó, Peggy Whitson és Jurij Malencsenko társaságában tért vissza április 19-én a **Szojuz TMA-11**-gyel.

Szergej Volkov – aki egyébként Alekszandr Volkov korábbi szovjet-orosz űrhajós fia, és mint ilyen a világ első „második generációs” űrhajója – és Kononyenko, valamint a már fent dolgozó amerikai Garrett Reisman vezényli majd le az ISS-en a japán Kibo modul következő darabjának felszerelését, június elején. Programjukban űrséta, orosz **Progressz** teherűrhajók fogadása, és az európai Jules Verne augusztusi leválasztása is szerepel. Június elején Reismannt a **Discovery** űrrepülőgéppel (STS-124) érkező Greg Chamitoff NASA-űrhajós váltja. *(www.urvilag.hu, F.S.)*

Aktív vulkánok a Vénuszon?

Tudjuk, hogy a vulkáni tevékenység egykor meghatározó volt belső bolygószomszédunk felszínének alakításában. Korábbi űrszondás megfigyelésekből is ismeretes, hogy a Vénuszon sok kén-dioxid található. Az ESA **Venus Express** űrszondájával végzett mérések alapján is nagymennyiségű kén-dioxidot találtak a bolygó felsőlégkörében. Egyesek szerint ez akár arra is utalhat, hogy a Vénuszon jelenleg aktív vulkáni tevékenység folyik. Más kutatóknak az a véleménye, hogy a kén-dioxid a kb. 10 millió évvel ezelőtti vulkanizmusból maradhatott meg. Az mindenesetre nem világos, hogy miért található annyi SO₂ a légkör felső rétegeiben, ahol elvileg a napsugárzás hatására gyorsan el kellene bomlania a molekuláknak.

A Venus Express SPICAV műszerének színeképi méréseivel azt vizsgálták, hogy a ritka felsőlégkör milyen hullámhosszakon nyeli el a beeső napfényt. A jellegzetes színekvonalak árulkodnak a gáz anyagi összetételéről. Egy alkalommal megfigyelték, hogy a kén-dioxid mennyisége néhány nap alatt kétharmad részével csökkent a felsőlégkörben (70-90 km magasságban). E hirtelen változás mögött álló okok is rejtélyesek. A légkör alsó, 35-40 km

magasságú rétegeiben a változások kevésbé kiugróak: a VIRTIS detektorral az elmúlt két évben globális mértékben kevesebb mint 40%-os változást mértek.

A vulkáni tevékenységnek fontos szerepe van a klíma alakításában. A Földön a kénvegyületek nem maradnak sokáig a légkörben, mivel könnyen reakcióba lépnek a felszín anyagával. A vénuszi felszín esetén ez sokkal lassabban zajlik. A kutatók most igyekeznek közvetlen bizonyítékot találni a jelenkori vulkanizmusra – ha egyáltalán van ilyen. Vagy jól izolált SO₂-felhőket, vagy felszíni forró foltokat keresnek, amelyek friss lávafolyást valószínűsíthetnének. Eddig ilyesmit nem találtak, de a keresés nem is könnyű a 100 km-es, vastag felhőkkel teli légkör takarásában.

(www.urvilag.hu, F. S.)

Megvan a Pioneer-anomália oka?

A **Pioneer-10** és **-11** szondák a vártnál egy kicsit lassabban haladtak a Naprendszerből kifelé vezető pályán. A NASA JPL egyik munkatársa most úgy véli, hogy közel jár a helyes magyarázathoz. Az 1972. március 2-án startolt amerikai Pioneer-10 volt az első űrszonda, amelyet az emberiség Naprendszer határain túlra küldött. Ikertestvével, a Pioneer-11-gyel (1973. április 5.) együtt közelről vizsgálta a Jupitert. A Pioneer-11 a Szaturnuszt is meglátogatta. A Naprendszerből kifelé haladva 2003-ban – 20 évvel azután, hogy távolabb jutott a Naptól, mint a Plútó pályája –, a Pioneer-10 végleg elhallgatott. (A Pioneer-11-gyel 1995-ben szakadt meg a rádiókapcsolat.)

A több évtizedes űrprogram során a szondák követésével megbízott szakemberek furcsa jelenséget észleltek. Egyik Pioneer sem pontosan úgy mozgott, ahogyan azt tőlük várták. Több milliárd kilométerre jutva tőlünk, a számítottnál néhány ezer kilométerrel rövidebb utat tettek meg. Bár ez az eltérés igen kicsi, de a fedélzeti rádióadó frekvenciájának Doppler-eltolódásából kimutatható. Az anomális gyorsulás értékére hihetetlenül kicsi szám, $(8,74 \pm 1,33) \times 10^{-10} \text{ m/s}^2$ adódott. Az ún. Pioneer-anomália megoldására még az is felvetődött, hogy akár a tömegvonzás törvényének finomítására is szükség lehet. A legújabb eredmények ennél sokkal prózaibb magyarázattal szolgálnak.

Slava Turyshev, a kaliforniai *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) munkatársa 15 évnyi kutatómunkája után úgy találta, hogy a fékező erőt az űrszondák hősugárzásának egyenetlen felszíni eloszlására lehet visszavezetni. Turyshev az elmúlt éveket az archív adatok előbányászásával töltötte. Nem volt könnyű dolga: a két Pioneer startjának idején még divatban voltak a lyukkártyák, a szondák túléltek programnyelveket és adatformátumokat. Régi, sokszor sérült mágnesszalagokat kellett újra kiolvasni. Előkereste és tanulmányozta a Pioneer űrszondák 40 évvel ezelőtti részletes műszaki dokumentációját is. A kutatócsoport megalkotta a Pioneer szondák számítógépes modelljét, és rájött, hogy eddig figyelembe nem vett melegebb és hidegebb foltok voltak rajtuk. Az űreszközöket elhagyó infravörös sugárzás fotonjai által elvitt lendület pedig folyamatosan lassította a szondát. Az előzetes számítások szerint a Pioneer-11 rejtélyes gyorsulásának legalább egyharmadát meg tudják így magyarázni. Továbbra sem világos, hogy az űrben töltött évtizedek alatt – például a porrészecskéknek, a napszélnek és a Nap sugárzásának a hatására – hogyan változhattak a szondák felületének hősugárzási tulajdonságai. Lehet, hogy ezek tovább erősítették az anomális gyorsulást, és akár a teljes megfigyelt jelenséget magyarázzák. A választ további számítógépes szimulációktól várják, amelyekbe 40 gigabájtnyi, a fedélzeti műszerek állapotára vonatkozó régi telemetriai adatot is be szeretnének vonni. Ezekből információ nyerhető a műszerek teljesítmény-felviteléről, s közvetve a hőleadásáról is. Eredményeit Turyshev április közepén ismertette egy fizikuskonferencián. Nem kell különösebb jóstehetség ahhoz, hogy megállapítsuk: valószínűleg nem ez volt az utolsó szó a Pioneer-anomália ügyében...

(www.urvilag.hu, F.S.)

A STEREO ikerszondák napaktivitási minimumban

A 2006 októberében elindult két **STEREO** szonda ez év áprilisára a Nap felől nézve már 48 foknyira távolodott el egymástól, ezzel lehetővé téve a Föld felé irányuló koronakitörések (CME) követését, szerkezetük megismerését, a várt nagy előrelépést az űridőjárás előrejelzésében. Napunk azonban a jelenlegi igen gyenge naptevékenység mellett nem kényeztet el bennünket gyakori koronakitörésekkel: 2007 novembere óta mindössze 10 CME-t sikerült detektálni. Az új, 24. naptevékenységi ciklus az első napfolttal már januárban megkezdődött, de ezt követően az északi féltekén megjelenő második mini napfoltra április 13-ig kellett várni. A naptevékenységi minimum pontos időpontja is csak legalább fél év elteltével, a 13 hónapos napfoltszám átlagokból fog kiderülni, ezután lehet csak megbízhatóbb becsléseket adni az elkövetkező ciklus nagyságára és hosszára. Az eddig közölt becslésekből erősebb és gyengébb ciklusra egyaránt lehet számítani.

Az utóbbi másfél év alacsony aktivitása idején a STEREO részecske-detektorai a máskor kevesebb figyelmet keltő, az ún. együttforgó kölcsönhatási tartományokat (*Corotating Interaction Region*, CIR) figyelték, amelyek akkor jönnek létre, amikor egy később induló gyorsabb napszélnyaláb utolér egy lassabbat. A 2007. év júliusától szeptemberig a magasabb déli heliografikus szélességen, 30 foknál tartózkodó **Ulysses** szondával együtt egy sorozat CIR háromdimenziós szerkezetét sikerült felderíteni. Vizsgálták a nagyobb energiájú töltött részecskék ezek által okozott modulációját és összefüggésüket a Napon látható koronalyukakkal. A STEREO-ikrek (*Ahead* és *Behind*) méréseinek összehasonlítása jól mutatja az ideális együttforgástól való eltérést.

2008. március 20-án kezdődött el és április 16-ig tart a Nemzetközi Heliófizikai Év keretében szervezett *Whole Heliosphere Interval* (WHI) elnevezésű koordinált nemzetközi megfigyelési és modellezési kampány az összecsatolt

Nap-Helioszféra-bolygórendszer háromdimenziós szerkezetének feltérképezésére. Ebben a földi napobszervatóriumok mellett több űrszonda is részt vesz, a STEREO mellett a **SOHO**, **ACE**, **Chandra**, Ulysses, **Wind** és a két **Voyager** is. A főbb kérdések, amire a szinoptikus megfigyelésekkel választ keresnek: mi a naptevékenységi minimum „alapállapotának” hatása a helioszféra szerkezetére, a szoláris és magnetoszférikus energiamérlegre; milyen a különböző plazma-határterületek fizikája, és hogyan megy végbe a mágneses energia transzportja a rendszeren keresztül. A WHI kampányban a SOHO és a STEREO méréseinek feldolgozásával a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézete (RMKI), a földi magnetométeres észlelésekben az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) is részt vesz. *(Kecskeméty Károly)*

A láthatatlan Naprendszer

A Mozgóképek Alapítvány támogatásával film készült az *MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet Koszmosz Fizikai Főosztályának* munkájáról. A produkcióban az intézet kutatói az űrkutatás múltjáról és jelenéről beszélgetnek a riportterrel, miközben a Naprendszer kutatásának jelentős eredményeit és a kapcsolódó fizikai folyamatokat mutatják be közérthető módon. A szemléltetést modern számítógépes animációk, valódi mérések és űrfelvételek biztosítják.

A címben is jelzett láthatatlan anyag a bolygóközi teret kitöltő plazma, a napszél. Az űrplazmákról a hagyományos, a „látható tartományban” érzékelő távcsövekkel nem gyűjthetünk információt, ezért van szükség az űrszondás mérésekre, azaz az áramló részecskék helyben történő észlelésére. Intézetünk részvétele a nemzetközi űrprogramokban immár több évtizedre nyúlik vissza. A filmben megszólaló kutatók a saját szakterületüket érintő vizsgálatok eredményeit ismertették, különös hangsúlyt fektetve a saját eredményekre. Erdős Géza az **Ulysses** űrprogramról beszélt, melynek elsődleges feladata az interplanetáris mágneses tér vizsgálata és a napciklus menetének feltérképezése. Az űrszonda a Naprendszer bolygóinak keringési síkjára – az Ekliptikára – merőlegesen rója pályáját, ami egyedülálló mérési lehetőségeket nyújt. Kecskeméty Károly a Napon zajló folyamatokat és a nemrégiben működésbe lépett **STEREO** napkutató szondapár, valamint a **SOHO** űrszonda működését, eredményeit mutatta be. Tátrallyay Mariella a földi mágneses teret és a magnetoszféra-napszél kölcsönhatásokat vizsgáló **Cluster** szondák tudományos jelentőségét ismertette. Király Péter a Naprendszer határait kutató **Voyager** űrszondák eredményeit foglalta össze, melyek közül a **Voyager-2** 2004-ben áthaladt a határoló lökésfronton, ahol a napszél sebessége a Naprendszerből kifelé haladva ugrásszerűen lecsökken. Bebesi Zsófia a Szaturnusz körül keringő **Cassini**-űrszondáról és annak legjelentősebb eredményeiről beszélt, különös tekintettel a Titan hold kutatására, valamint az apró Enceladus hold nemrégiben felfedezett vízjég-gejzirjeire. Szegő Károly az üstökösök kutatásának jelentőségét tárgyalta elsősorban a **Vega** űrprogram tükrében, valamint részletesebben is kitért az intézet korábbi és jelenlegi tudományos együttműködéseinek ismertetésére.

A produkciót a Magyar Nemzeti Filmszemle keretében 2008. január 30-án délután fél 1-kor mutatta be az Uránia mozi. A Pax Televízió 2008. február 23-án tűzte műsorra a filmet, amelyet az előzetes tervek szerint hamarosan a Duna Televízióban is bemutatnak. *(Bebesi Zsófia)*

Újabb nagy lépés a Galileo megvalósulása felé

Az ESA második, B jelzésű **GIOVE** (Galileo In-Orbit Validation Element) műholdja április 27-én startolt Szozuz hordozórakétával a kazahsztáni Bajkonurból. A Fregat végfokozat segítségével a műhold 23 200 km magas, közel kör alakú, az Egyenlítőhöz képest 56°-os hajlásszögű pályára állt. Az 500 kg tömegű űreszközt az Astrium vezette európai konzorcium építette, az integrálást és a tesztelést a Thales Alenia Space végezte Rómában. A GIOVE-B több mint két évvel követte az első Galileo tesztműhold, a kiválóan teljesítő **GIOVE-A** pályára állítását. Mindkét űreszköz feladata, hogy a hamarosan kiépítendő európai Galileo műholdas navigációs rendszerhez alkalmazandó egyes technológiai megoldásokat kipróbálja. A GIOVE-B fedélzetén található a legpontosabb atomóra (hidrogén mézer), amely valaha is a világűrbe került. Stabilitása eléri a napi 1 nanoszekundumos szintet. Mellette tartalékként két hagyományos rubídium atomóra is repül a GIOVE-B-n. Az új tesztműhold a sugárzási környezetre vonatkozó méréseket is végez a közepes magasságú pályán, ahol majd a teljes Galileo konstelláció holdjai is működnek. A nagy pontosságú földi lézertáv-mérésen alapuló helymeghatározás céljából speciális lézertükröt is elhelyeztek rajta. Természetesen navigációs jeleket is sugároz majd, az L sávban, három különböző frekvencián. A műszaki tesztek mellett a GIOVE-B feladata, hogy fenntartsa a Galileo számára biztosított rádiófrekvenciákon a jelsugárzást – eddig ez az élettartama végé felé közeledő GIOVE-A dolga volt.

A GIOVE-B után már az „igazi” Galileo műholdak felbocsátása következik. A tervek szerint 2010-ig négy hold indulna, hogy immár élesben próbálják ki egy minimális rendszer működését, beleértve a földi kiszolgáló hálózatát is. Ha ez a tesztfázis lezárul, a fennmaradó műholdak is indulhatnak. Teljes kiépítettségében a Galileo 30 azonos építésű aktív mesterséges holddal üzemel majd. Mint ismeretes, a Galileo az Európai Unió és az ESA együttműködésében készül. Célja, hogy az amerikai NAVSTAR GPS mellett egy annál még korszerűbb, s attól független saját navigációs műholdrendszer jöjjön létre, nem utolsósorban a gazdasági versenyképességet növelő hatással. A Galileo (és persze a GPS, meg az orosz GLONASSZ) szolgáltatásait természetesen nem csak Európában, de világszerte használhatják majd. Az összefoglaló néven emlegetett globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS) egyre szaporodó felhasználói

számára mindez a biztonság és a pontosság növekedésével is jár. Az ESA rövidesen kiírja azokat a versenyfelhívásokat, amelyek nyomán a megépítik a teljes műholdflotta tagjait. (www.urvilag.hu, F.S.)

Hírek röviden

- Az április 14-én Atlas-5 rakétával indult amerikai **ICO-G1** egy olyan újszerű távközlési műhold, amely földi átjátszóállomások hálózatának közbeiktatásával élő televíziós adásokat juttat el közvetlenül az Észak-Amerikában közlekedő autókba, a vezetőket útvonaltervezési információval segíti és baleset esetén segélyhívásokat továbbít.
- Április 19-én európai Ariane-5 rakétával indult a geostacionárius pályára szánt brazil **Star One-C2** és a vietnami **Vinasat-1** távközlési hold. Ez utóbbi a délkelet-ázsiai ország első műholdja, amely televíziós adásokkal és telefon-szolgáltatással javítja az elszigetelt vidéki települések életkörülményeit.
- Az április 25-én startolt, geostacionárius pályára kerülő kínai **Tianlian-1** műhold első feladata az adatátvitel segítése lesz a következő kínai emberes űrutazás során. A **Sencsou-7** űrhajót három emberrel a fedélzetén az idei év második felében tervezik pályára állítani Kínából.
- Április 28-án Sriharikotából egy indiai PSLV rakétával egyszerre tíz műhold indult. Két indiai űreszköz – a nagyobb méretű távérzékelő **Cartosat-2A** és a kísérleti **Indian Mini Satellite-1** – mellett nyolc miniatűr külföldi, többségében egyetemisták által készített műholdat is pályára állítottak.
- Április 28-án Bajkonurból startolt a geostacionárius pályára szánt izraeli **AMOS-3** távközlési műhold. Érdekesség, hogy a Zenit hordozórakéták eddig úszó tengeri platformról indultak (Sea Launch), de most megteremtették a szárazföldi felbocsátás feltételeit is (Land Launch). Az idei évre már további két megrendelést is szereztek. A Land Launch a közepes méretű távközlési holdak geostacionárius pályára juttatásának piacára lépett be új versenytársként.
- A NASA egy olyan kisméretű „potyautas” űrszondát (**LADEE**) tervez, amely a holdpor máig kevésbé ismert tulajdonságait kutatja a Hold körüli pályáról. Az űrszondát a **GRAIL** (Gravity Recovery and Interior Laboratory) szondával együtt startolhatna 2011-ben.
- Az amerikai űrhivatal bejelentette, hogy 2010 közepéig még biztosan működteti a nagyszerű **Cassini**-űrszondát, amely a Szaturnuszt, annak környezetét és holdrendszerét vizsgálja.
- Az ESA 17 tagállamának polgárai május 19-től jelentkezhetnek űrhajósnak. Legutóbb 1992-ben töltötték fel az európai űrhajósgárdát. (www.urvilag.hu)

Lapszemle

ÉLET•TUDOMÁNY

A tudományos ismeretterjesztő hetilap áprilisi számaiból:

14. szám: A NASA **Mars Odyssey** szondájának felvételein sólerakódásokat fedeztek fel a Marson, amelyek olyan helyekre utalnak, ahol valamikor bőséggel lehetett víz. A számítások szerint a lerakódások kb. 3,5–3,9 millió évesek.

15. szám: A **Cassini**-szonda mérései arra utalnak, hogy a Szaturnusz Rhea nevű holdja körül törmelékgyűrű lehet.

16. szám: A 2006 óta a Mars körül keringő **Mars Reconnaissance Orbiter** nagyfelbontású kamerájának felvételein lejtőkön legurult kövek nyomait találták a laza talajban. A hátlapon a Centaurus A galaxis optikai és röntgenképét láthatjuk. Ez utóbbi a **Chandra** röntgenszűrőszondájának mérései alapján készült.

17. szám: A **Hubble**-űrtávcsővel először sikerült szerves molekulát – metánt – felfedezni egy Naprendszeren kívüli óriásbolygó légkörében. Egyre több figyelmet kap a Mars felé tartó **Phoenix** szonda, amely május 25-én ereszkedik le a bolygó felszínére. A lap is közli a rövid hírek közt azt a hírlapi kacsát, amely szerint egy 13 éves német iskolás korrigálta a NASA számításait. Állítólag a 2029-ben a közelünkbe jutó Apophis kisbolygóval való találkozásunk esélyei a százszorosára nőnek, ha számításba vesszük, hogy az akár egy műhoddal is ütközhet. Emiatt (!) úgy módosulna a pályája, hogy 2036-os visszatérésekor a Földbe csapódhatna.

A lap felvételt hirdet a fizika, kémia és informatika szakterületeket gondozó szerkesztői munkakörre. A jelentkezés határideje 2008. május 15. További részletek, feltételek a 17. szám 514. oldalán olvashatók.

meteor

A Magyar Csillagászati Egyesület folyóirata áprilisi számának űrkutatási vonatkozású híreiből:

A címlapnak, a képmellékletnek és Kereszturi Ákos részletes cikkének is a Merkúrnál járt MESSENGER űrszonda a témája. A rövid hírek közt szó esik a májusban pályára állítandó amerikai gamma-csillagászati műholdról, a **GLAST**-ről. Olvashatunk még a Szaturnusz Rhea nevű holdja körül a **Cassini**-szonda mérései alapján feltételezett gyűrűről, a Titan hold szénhidrogénkészleteiről, a Marson a **Mars Reconnaissance Orbiter** által lefényképezett csuszamlásokról, és a Föld közelében hintamanőveren átesett, a távoli Naprendszerbe küldött űrszondák mozgásában felfedezett apró anomáliákról.