

Ösztöndíjjal az Io hegyei között

A houstoni Lunar and Planetary Institute 1977 óta 167 egyetemről 279 diák számára kínált életreszóló nyári kutatási feladatot. Közülük számosan a planetológia tudományát választották életreszóló hivatásul. A 1997-es 12 ösztöndíjas (intern) közül az 1998. márciusi Lunar and Planetary Science Konferencián 9 adott be tudományos publikációt.

Több száz millió km távolban felvett fekete-fehér képek villódnak a számítógép képernyőjén. Szép lassan kibontakozik egy új világ képe. Hatalmas síkságok, tekerőgőz lávakígyók, magasba szökő, esernyőként szétterülő vulkáni anyag, meredek fallal határolt fennsíkok, tíz km magas hegygerincek. Egy új világ, melyet 20 éve közelített meg először emberalkotta szerkezet. Akkor a Voyager csak az egyik részéről küldött részletes képeket. Most a Voyager már messze jár, de felváltotta a Galileo, így a másik részét is feltérképezhetjük. Számos kaldera, hegyek még névtelen. Hogy alakultak ki ezek az alakzatok? Még csak tippjeink vannak. Felfedezünk egy új, ma is alakuló világot: az Iót, a Jupiter legbelső Galilei-holdját.

Ha nem is különlegesek, de olyan... O.K.-k

Mármint az amerikaiak. Ebben egyeztünk meg útban a houstoni reptérre, záró beszélgetésünkön Paul Schenkkel, aki témavezetőm volt a Lunar and Planetary Institute-ban (LPI) nyáron *internként* eltöltött 2 hónapom alatt. A már a Voyager program kezdete óta folyó nyári diákprogramban a világ minden tájáról érkezett egyetemisták és főiskolások vehetnek részt a most folyó kutatásokban. Paul Schenk 20 évvel ezelőtt vett részt egy, a NASA által szervezett nyári ösztöndíj-programban (*internship*), amely meghatározóvá vált életében (ő a Voyager-programba kapcsolódott be). Szabadidejében az óceán mélységeiben tesz bűvárutakat, fő kutatási területe a Galilei-holdak, ő térképezte fel és osztályozta először a Ganymedes krátereit, munkája gyümölcseként először pillantotta meg a külső Naprendszer holdjait három dimenzióban, s most, nyári segítséggül egy magyar diákot választott ki egyik épp folyó kutatásához, melyben az Io hegyeit térképezi fel a korábbi Voyager és a legújabb Galileo képek alapján. Ez a diák voltam én.

Budapest

1997 végén tanszékvezetőm, Gábris Gyula jött oda hozzám az ELTE Földrajz Tanszék folyosóján azzal a kérdéssel, hogy tudok-e angolul. Hát, valamennyire, válaszoltam, mire kezembe nyomott egy felhívást, melyben a houstoni LPI hirdette meg 1998. évi nyári ösztöndíj-programját. A programról azon a héten részletes info jelent meg a TTK-s kari lapban, a Nyúzbán, melyet Bérczi Szaniszló tett közzé. A címlapon ez állt: Tedd meg az első lépést a Mars felé. Nekiálltam. Bár földrajzos vagyok, mindig is a csillagászat volt a Nagy Álom. Diplomamunkám, melyet Illés Erzsébetnél írok, eredetileg az Europa jeges felszínének vizsgálata lett volna, így ebben a témában küldtem be pályázatomat is az LPI-hez. Egy hónap múlva érkezett Paul Spudis e-mailje, melyben meghívott a programban való részvételre.

Houston

A houstoni reptéren az első élmény a 40 fokos páras hőség volt (elutazásomig ilyen is maradt, szerencsére hurrikánoktól mentesen — ezek hazaértem után kezdtek pusztítani a környéken). Összesen 11-en voltunk az idei csapatban: 6 amerikai, az Államok minden részéből, egy kanadai, két japán, egy angol, és én. Hat lány, öt fiú.

A csapat fele a Johnson Space Centerbe került, én az LPI-ben dolgoztam. A két hónap alatt rengeteg időt töltöttem az LPI könyvtárának polcai közt, az igazat megvallva, nem mindig munkámhoz szorosan kapcsolódó könyvek közt böngészve: a könyvtár csodálatos gyűjteményében a szakirodalmon kívül eredeti Apolló-jegyzőkönyvek és videofelvételek, az összes, űreszköz által Földre küldött fénykép-felvétel, hírlevelek — pl. a Mars Underground News (!), folyóiratok, különféle égitestek „földgömbjei”, térképek, diasorozatok, oktatói segédanyagok, könyvek a terraformálásról, holdi bázisról, bolygó-geológia, űrmedicina... az egyik legizgalmasabb elfoglaltság a könyvek közti bogarászás volt.

És hát Amerika. Mely tudvalevőleg Nagy. Hétféle kirándulás: dinoszaurusz-lábnyomok, útmentén legelésző szarvasmarhák, New Orleans, egész éjjel buli a Bourbon Streeten, hajókázás a Mississippin, gyorséttermek (a falakon csakis úrposztetek — Houstonban vagyunk), mexikói étterem (kaktusz: kb. mintha egy zöld gilisztát nyeldekelnél), gulyásleves-party az internekkel, cajun zene, baseballmeccs, alligátorok, intellektuális kirándulás Houston múzeumaiba és galériáiba, 70 tévécsatorna. Persze mindenhol van NASA-TV: a műsorszünetben az űrrepülőek által Földről készített legszebb képek perengnek: kedvencem a Napkelte a Csendes-óceánon. Iskolatévét is sugároznak — egyenesen az űrrepülőgép fedélzetéről, a súlytalanságból! Egy másik adásban a Föld két sarki területei kapcsolódtak össze hasonló, iskolásoknak szóló program keretében. A rádióban megtaláltam a texasi McDonald Obszervatóriumban több száz hely közszolgálati rádió számára készített, igen népszerű napi egyperces csillagászati műsort, a Stardate-et, melyet a reggeli felkeléskor épp egy San Antoniói állomásról tudtam befogni. Éjjelente Kubát igyekszem elkapni a középhullámon. Mozizás: stílusosan a NASA Pont nevű moziban — az Armageddon. Utána kibeszéljük a film összes lehetetlenségét — mi persze majdnem szakértők vagyunk, úgyhogy szinte minden percben találunk valamit, ami fizikailag teljes képtelenség.

Tudomány

De hát a lényeg mégis a tudomány. Az LPI szinte minden héten rendezett valamilyen konferenciát, továbbképzést, nekünk is külön előadássorozatot tartottak a Naprendszeréről, bolygóiról, holdjairól, kialakulásának kérdéséről, távoli naprendszerek bolygóiról. Mint lepusztult magyar egyetemistának, eleinte kicsit szokatlan volt, hogy mindenki hozza a maga becsomagolt ebédjét, tízóráját, melyet előadás közben fogyaszt el, de aztán már nagy lelkesen ettem én is a Mars csokit és ittam hozzá a jéghideg kólát. A diavetítéssel kísért magyarázat után sokszor élénk vita alakul ki számos kérdésben, ahol pro és kontra összecsapnak érvek és ellenérvek: és bizony a NASA által képviselt hivatalos álláspontot is sokszor erős kritika érte. Hagyjuk a Holdat és menjünk inkább a Marsra, (és ha igen, emberrel vagy gépekkel), vagy építsünk holdi kolóniát, ugródeszkeként a Naprendszer többi részébe (a holdi Déli-sark ideális terep lenne: van víz, állandó árnyék kráterek

Folytatás a 33. oldalon!

A Jupiter Io holdja

Összeállításunk nagyrészt Hargitai Henrik Ösztöndíjjal az Io hegyei között c. cikkének illusztrációi.

1: Változások az Ión. A Hubble Űrtávcső felvételei 1994 márciusában ill. 1995 júliusában készültek

2: Vulkánkitörés az Io peremén (a Voyager 2 felvétele)

3: A Pele-vulkán három arca. Az Iót ábrázoló képet a Galileo készítette, míg a két kis képet a Voyager 1 (fent) ill. a Voyager 2 (lent) 1979-ben.

4: Az Io térképe a Galileo felvételei alapján.

5: Változások az Io Jupiter felé néző félgömbjén. Balra fent a Voyager 1 nagyfelbontású felvétele, tőle jobbra a Voyager 2 színes képe; balra lent a Voyager 2 felvétele (1979), jobbra lent a Galileo felvétele (1996. jún. 27.). A mindössze négy hónap eltéréssel készült Voyager-felvételek is jelentős különbségeket mutatnak.

6: A Galileo szonda három képe az Ióról 1996. júniusából. A fotókon a vörös szín a fiatal vulkáni üledékeket jelzi. Ezek közül a legfeltűnőbb a Pele-vulkánhoz kapcsolódik, ahol a felszínre visszahulló vulkáni törmelék hatalmas vörös gyűrűként rajzolódik ki.

7: A Pillan Patera vulkáni központ aktivitása következtében közel 400 km átmérőjű területet borított be. A bal oldali kép 1997. ápr. 4-én, a jobb oldali 1997. szept. 19-én készült.

8: Az Euboea Fluctus négy arca. A bal felső kép a Voyager-1 nagy felbontású felvétele, jobbra színes Voyager-1 kép; a bal alsó felvételt a Voyager-2, a jobb alsót a Galileo készítette.

9: A Ra Patera vulkán változásai. A felső két képen a Voyager-1 1979-es felvételei láthatók. Balra alul a Voyager-2, jobbra pedig a Galileo-űrszonda fotói mutatják a területet. A Galileo kamerái szerint a vulkán tetőkalderájában lévő sötét anyag a felszínre folyva a korábbiakhoz képest újabb területeket öntött el. A képek 953x953 km-es régiót ábrázolnak.

10: A Marduk vulkáni terület változásai (Voyager-1, -2 és Galileo felvételek).

11: Masszívumok. Fent: Egypt Mons, Silpium Mons, Tohil Mons és Caucasus Mons; lent: Boösaule Montes, Haemus Montes, Crimea Mons és névtelen.

12: Egy névtelen hegy a hold peremén, oldalnézetben.

13: A Skythia Mons (középen).

14: Aktív vulkáni területek az Ión. Fent: Amaterasu és Loki; Lei-Kung Fluctus és Isum Patera; Prometheus és Culann, lent: Marduk; Volund és Zamama; Maui és Amirani; Zal Patera.

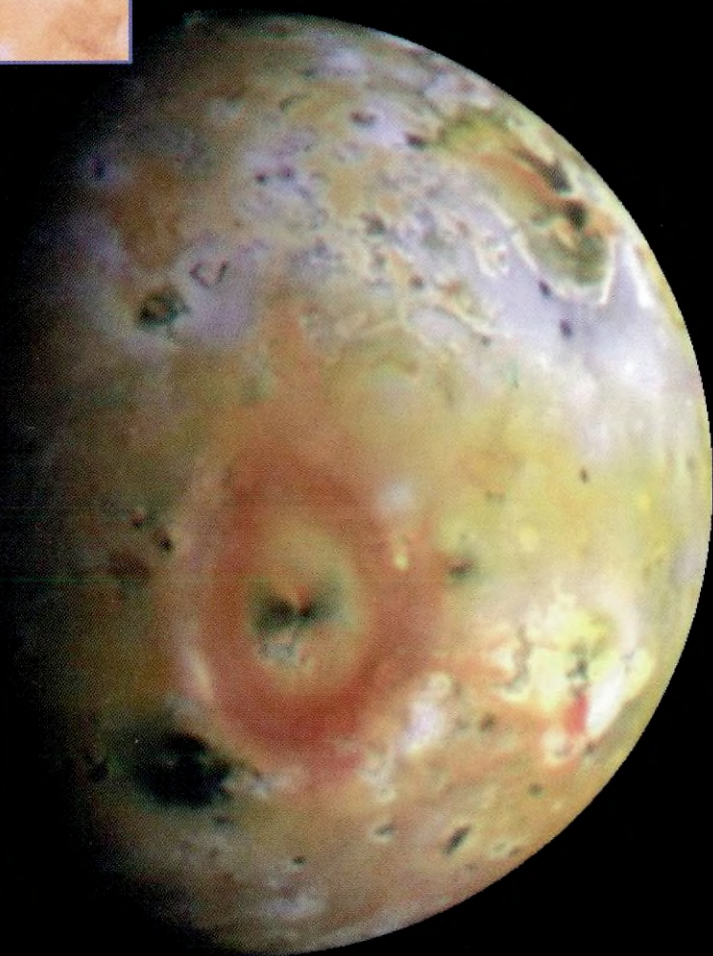
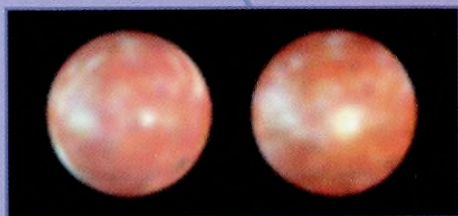
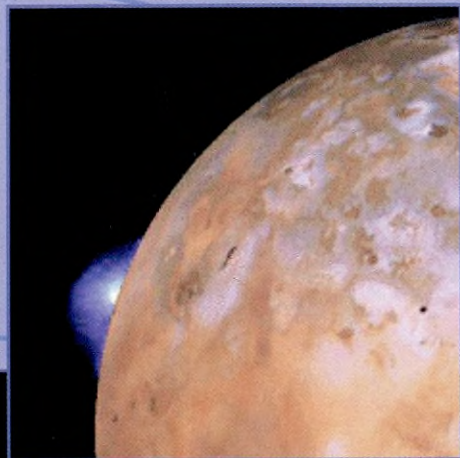
15: A Caucasus Mons.

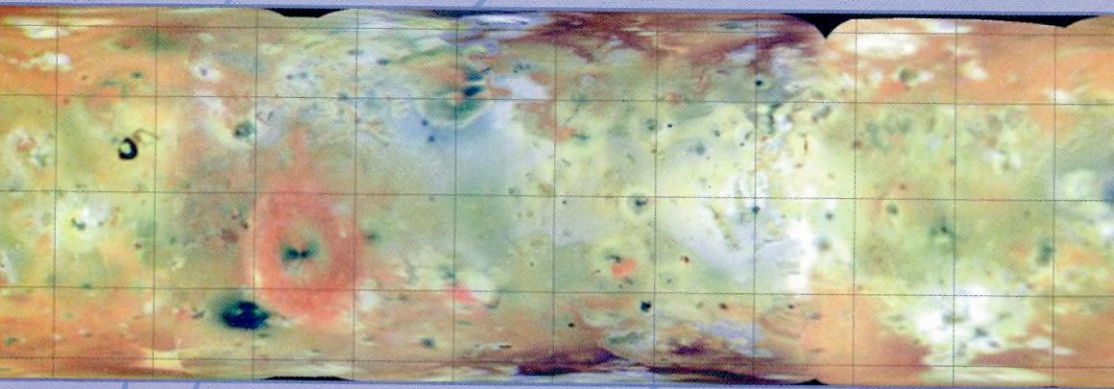
16: Az Euxine Mons.

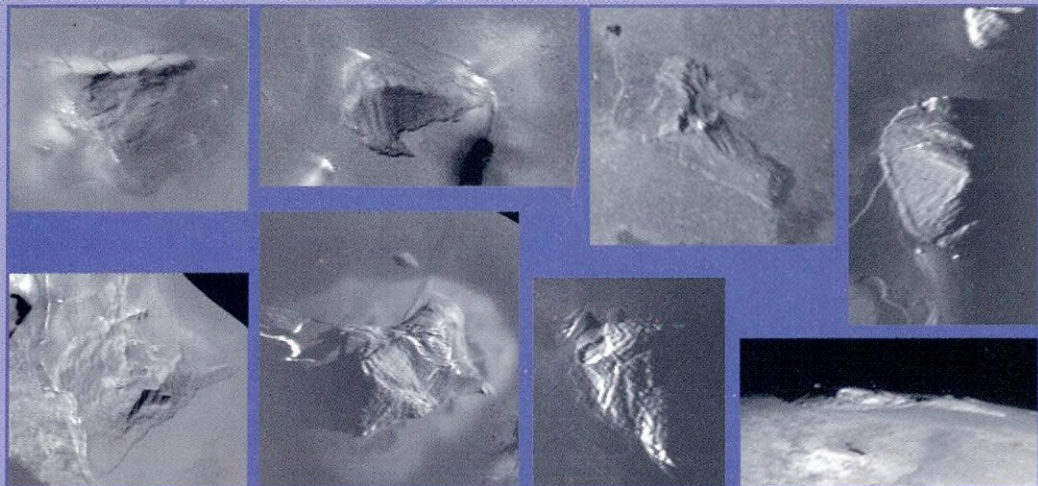
17: A Boösaule Montes.

Az „új” Naprendszer

A Jupiter Io holdja



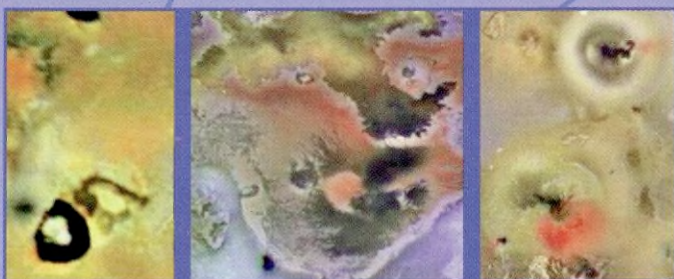




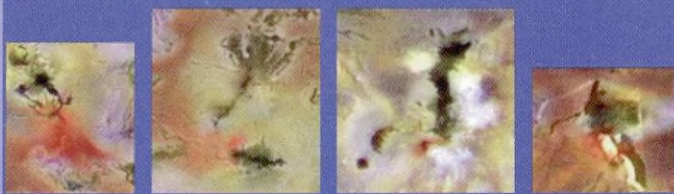
11



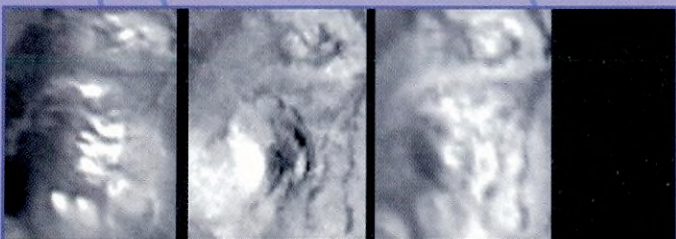
12



13



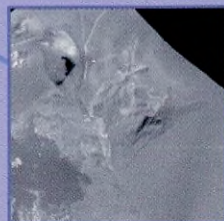
14



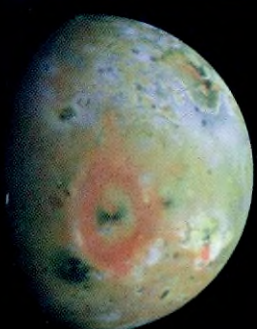
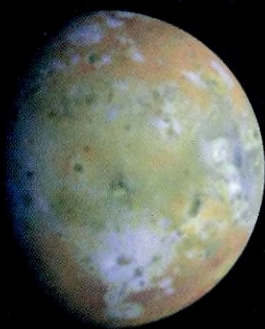
16



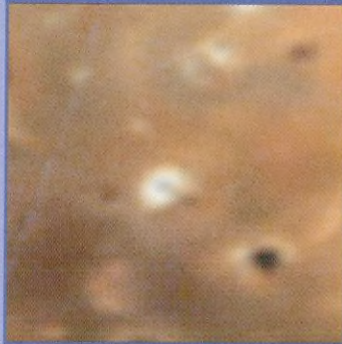
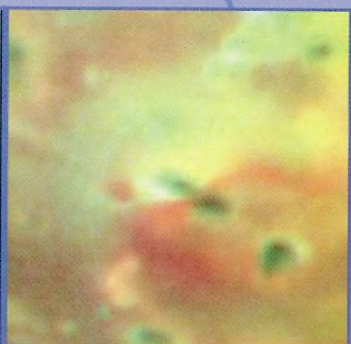
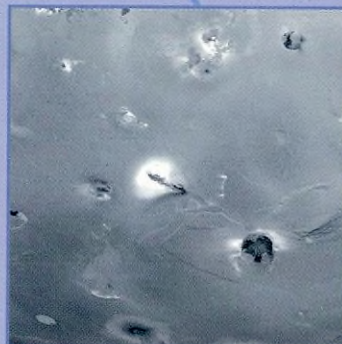
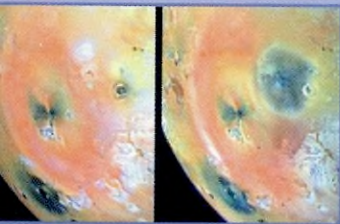
15



17

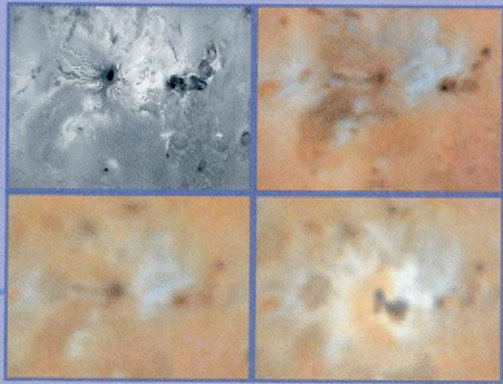


5

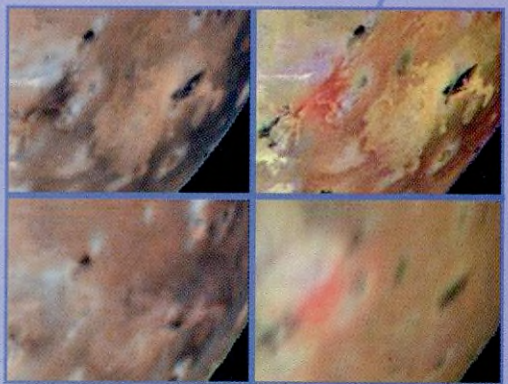


8

9

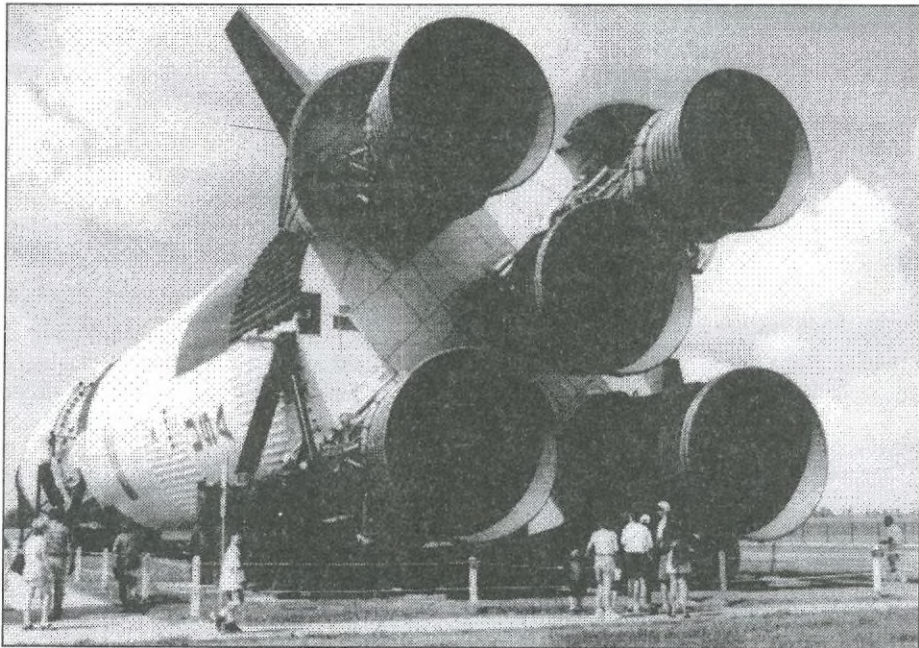


10



Folytatás a 31. oldalról!

mélyén, állandó fény a peremén (napelemeknek), esetleg minden energiánkat öljük a nemzetközi űrállomásba (ez történik most). Népek közti együttműködés vagy épp Versengés az, ami hatékonyabb az űrkutatás szempontjából? Megéri-e a visszatérő űrrepülőgép programja, vagy jobb lenne egyszer használatos, olcsó rakétákkal pályára állítani az űreszközöket? Mi lesz, ha meghal az utolsó ember, aki járt a Holdon; ez lesz az, ami újabb lökést ad majd? Egy űrhajósjelölt a rakétákról beszélt, s bemutatta, hogy még ma is, a rakéták működtetéséhez az ember minden tudására szükség van. Egy rakétakilövéskor az anyag képességeinek határán van, s ez egyáltalán nem rutinművelet, mint ahogy azt a közvélemény elhitetni igyekeznek.

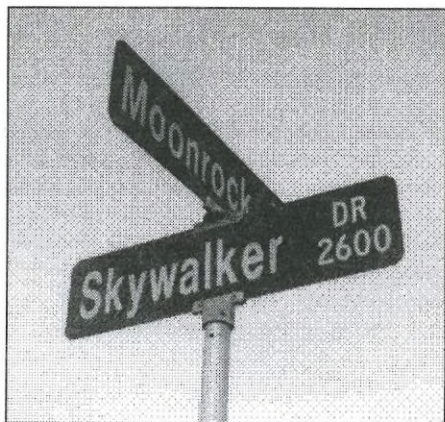


A Saturn V óriásrakéta „alulnézetben”

Aki tehetne, elment a Space Centerbe is, ami egyfajta turistalátványosság közvetlenül a Johnson Space Center mellett, de elvileg minden „igazi”. Láthattunk 3 emelet magas vászonra vetített IMAX-mozit is. Csodálatos és döbbenetes látvány ekkorában látni az űrhajósok által az űrrepülőőről felvett képeket a Földről — az ember tudatába az apró, távoli, törékeny Föld mellé befészkelni magát a hatalmas, végtelen óriás Föld képe is.

A mozi előterében eredeti szkafoanderek, a falon az összes eddigi űrben járt amerikai űrhajós fényképe. Két orosz űrhajóst is találtam (Kubászov és Leonov), és a fal mind fogyó üres részén táblácska: „Lehet, hogy egyszer a Te fényképed kerül ide?”

Az egyes űreszközök — űrhajók, leszállókabinok, Skylab — életnagyságú modellje mellett láttunk most futó kísérleteket is. Mikrobusz vitte a látogatókat az irányítóközpontba (Mission Control), mely néhány éve újult meg, a régít nem is lehet



látogatni. A régiben minden gép az adott feladatra készült, míg az újbán minden a kereskedelemben is kapható általános elemekből áll össze, így sokkal rugalmasabb és olcsóbb.

Ahová nem vitték el a turistákat, azt a Johnson Space Center munkatársai mutatták meg nekünk. Egy eldugott hátsó ajtó vezet a holdközvetek laboratóriumba, és láttuk annak a teremnek is a — biztonsági okokból jelöletlen — ajtaját, ahol a marsi meteoritokat tartják

Az utolsó előadást mi, az internek tartottuk s a kutatók jelentették a hallgatóságot: diasorozat kíséretében számoltunk

be a végzett munkáról. Az én előadásom címe „Az Io hegységeinek területi eloszlása és felszínalakítása” volt. Mind nagyon komolyak voltunk, igazi kutatópalánták, és a nagyok kérdéseire is igyekeztünk megfelelni. Azt hiszem, valamennyiünk életének egyik legnagyobb szerűbb időszaka volt a 14. Nyári Intern Konferencia.

Az Io

Az Io Naprendszerünk geológiailag legaktívabb égitestje. Felszínén számos működő vulkán található, s a legfeltűnőbb jellegzetessége a folyamatos felszínmegújulás miatt a becsapódásos kráterek teljes hiánya. És ott vannak a hegyek, amelyeket természetesen már eddig is ismertek, de a teljes felszínre kiterjedő globális térképezést — a Voyager és Galileo képek kombinálásával — előttünk még senki sem végezte el.

A puszta feltérképezésen túl az általunk hegyként definiált 101 domborzati egységet — a hegyeket — igyekeztünk típusokba sorolni. Ha pedig léteznek jól elkülöníthető típusok, akkor azokról feltételezhető, hogy különböző folyamatok hozták létre őket. De vajon milyenek? Számos modellt kidolgoztak már az Io vulkanizmusára és felszínét alakító folyamataira. Reméljük, hogy adataink segítenek majd a modellek tesztelésében.

Munkánk során a kiindulmányag mindig az eredeti nyers kép volt: ezeket kalibráltuk, tájékoztuk (kb: összekötöttük egymással s a holdgömbbel), majd minden hegyről vagy hegy-gyanús képződményről egy-egy azonos felbontású és méretű kivágatot készítettünk. Miután azonos területről számos esetben több felvételünk is volt, az egyes képződményeket különböző megvilágítási viszonyok közt is láthattuk. Az egyes hegyek méreteit lemértük, magasságát több módszerrel is megállapítottuk. Paul Schenk alkalmazta először a sztereo fotogrammetria módszerét a Voyager-felvételeken sztereo magasságmérésre. Korábban úgy gondolták, hogy a képek közt nincs megfelelő az ilyen magasságmérésre, de kiderült, hogy közülük számos mégis alkalmas rá. A módszer úgy működik, mint ahogy a szem a térben lát: két különböző szögből felvett, azonos területet ábrázoló kép alapján a két kép közti eltérésből számolható ki az egyes pontok magassága — a számolást egy program is elvégezheti számítógépben, de ha a képeket az emberi agyba tápláljuk be (azaz ránézünk, egyik szemünkkel az egyikre, másikkal a másikkra), akkor az agy azt rendes térbeli képként fogja értelmezni. Ilyen sztereoképek segítségével derült ki, hogy számos külső-

naprendszerbeli hold esetében a kráterek valódi mélysége nagyobb, mint azt korábban gondolták.

Tehát a hegyeket lemértük és kategorizáltuk. Fő típusaink: masszívumok (a legmagasabbak, legsziklásabbak), mézák és platók (laposak, szélesek, éles pereműek), illetve gerincek. A hegyek legmagasabbika, a Boösaule-csoport déli tagja, 15 km körüli, s hosszúságuk általában néhány száz km. (A földi hegyláncok több ezer km hosszúak — az Ión a hegyek mind magányosan emelkednek ki környezetükből.) Meglepetésre mindössze egyetlen egyértelmű pajzsvulkánt és két, tholusnak nevezett, központi kráterrel rendelkező képződményt találtunk. A hegyeket néhol különös fehér anyag veszi körül, másokhoz kalderák csatlakoznak. Az előzetes elemzésből kiderült, hogy az Io kalderái, vulkáni központjai ott fordulnak elő legsűrűbben, ahol a hegyek a legritkábban és viszont, ami utalhat a hold belső folyamataira is.

Az Io síkságjain vulkánokon és hegyeken kívül rengeteg, néhány száz méter magas fennsík (ún. rétegzett síkság) található. A rétegzettség az állandó vulkáni anyagtermelés miatt van (az Io egész felszíne ilyen rétegekből áll). A kutatók a vulkánok felfedezése előtt pár nappal jósolták meg (illetve ekkor jelent meg cikkük), hogy az Io nem halott égitest, hanem belseje olvadt, annak ellenére, hogy normális körülmények között nem lehetne az. A legújabb elméletek szerint azonban az Io árapálya nem volt mindig ilyen nagy, és most „katasztrófális felszín-újraképződésnek” lehetünk tanúi. (Hasonló folyamatot feltételeznek a Vénusz esetében is). Ez idő alatt az egész felszín fortyog, és eltünteti a korábbi felszíni alakzatokat (krátereket), majd utána ismét lecsendesedik.

Zárás

Ami kiderült: az űrhajók nem csak a tévében léteznek, a kutatók nem a könyvek vagy cikkek elején szereplő két szóval egyenlők — az űrhajót is csak emberek irányítják, nem filmbéli hősök, hanem élő emberek dolgoznak rajtuk, s a legnagyobb kutatók is csak olyanok, mint mi. Ez az, amit egy egyetemistának nem tanítanak meg: a Tudomány burjánzó erdejében nem mindig látni a kutatók által ültetett fákat. Kiderült, hogy nem mindig van igazuk (de ez a negatív igazság is pozitív eredmény), és hogy néha a szerencse vagy megérvés számút a legjobban, hogy a kutatás folyamata nem mindig olyan izgalmas, mint a filmekben. De a végső eredmény mindig az.

A jövőt illetően: hasonló nemzetközi ösztöndíj-programot minden évben rendez az LPI. 1999 végén a Galileo űrszonda minden eddigénél jobb felbontású közelképeket fog készíteni az Ióról. Térképezésünk eredményeit felhasználják az akkori célpontok kiválasztásakor. Az új közelképek pedig tovább finomíthatják ismereteinket az Ión, ill. az egyes égitesteken lejátszódó folyamatokról, azaz: a kutatás folytatódik.

Az LPI elérhető a <http://cass.jsc.nasa.gov/> címen. Az Io hegyeinek részletes adatbázisa erről a címről várhatóan 1999 folyamán válik elérhetővé.

HARGITAI HENRIK
E-mail: hargitai@emc.elte.hu
<http://emc.elte.hu/~hargitai>