

Illés Erzsébet, Horváth András: *Voyager jelentés - a Jupiter rendszerből Föld és Ég 80/1, 2-10. old, XV. évf. 1. szám, 1980. jan.*

Online: Oktatási segédanyagként.

ELTE TTK Planetológiai Kör – <http://planetologia.elte.hu>

Digitalizálás: MTA Konkoly-Thege Miklós

Csillagászati Kutatóintézet



**A CÍMOLDALON:** a Voyager – 1 felvétele a Jupiter Ió nevű holdjáról 1979. március 4-én 862 200 km távolságból (az északi pólus alul van). A kis kép az Ió egyik vulkánkitörését ábrázolja

**A BELSŐ BORÍTÓN:** A Jupiter 32,7 millió km távolságról (a Voyager – 1 felvétele, 1979. február 1-én – NASA)

# Voyager-jelentés

## — a Jupiter-rendszerből

Lapunk 1977. évi 4. számában az „Újabb szondák a külső bolygók felé” c. cikkben — előzetes formában — részletesen ismertettük a Voyager—1, —2 feladatát, méretét, szerkezetét stb. Az azóta eltelt több mint két év alatt a szondák megtették az utat a Jupiterig, és vizsgálat alá vették az óriásbolygót, és környezetét. Fényképeik és méréseik sok érdekes adatot, sőt néhány szenzációt is szolgáltatottak: felfedezték, hogy a Jupiternek is van gyűrűje, és Ió nevű holdján (lásd címlap) óriási vulkánok működnek. Az első publikációk alapján ismertetjük a Jupiterről és holdrendszeréről szerzett új adatokat.

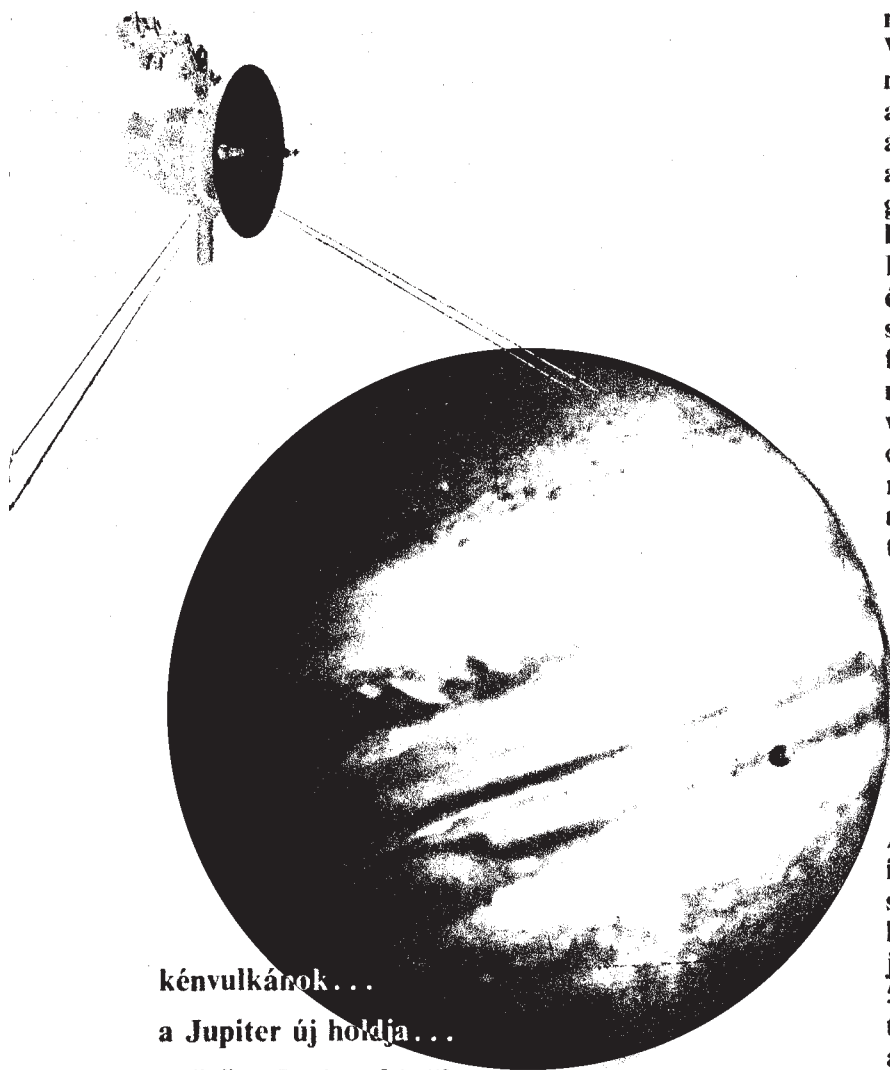
Az 1977. augusztus 20-án indított Voyager—2, és a szeptember 5-én pályára helyezett Voyager—1 1979. július 9-én, illetve március 5-én közelítette meg a Jupitert. A képek készítése, és a mérések az 1979-es évben folyamatosan történtek, azért, hogy a Jupiter felhőrendszerében lezajló folyamatokat időben is követni lehessen.

kénvulkánok...

a Jupiter új holdja...

gyűrű a Jupiter körül...

villámok és sarki fény a Jupiteren...

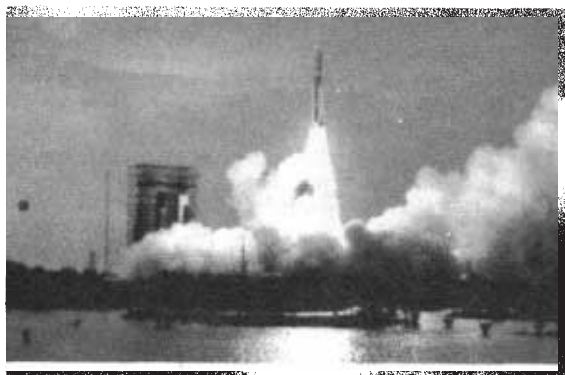


Nem hiába nevezik a Jupitert „félbemaradt” csillagnak: az égitestek olyan rendszere alakult ki körülötte, mint egy kis naprendszer. Eddig 16 holdját és egy gyűrűjét fedezték fel. A Voyager űrszondák egyik fő feladata ennek az égitestrendszernek a tanulmányozása volt. A táblázatokban (7. old.) összefoglaltuk ezen rendszer főbb tagjainak legjellemzőbb adatait (összehasonlításképp megadtuk a Hold, a Merkúr, a Föld tömegét és átmérőjét), valamint az égitestek és a közelükben elrepülő űrszondák legkisebb távolságait.

Az eredmények minden várakozást felülmúltak. Akkor sem számíthattunk volna a belső Naprendszerből jobban különböző égitestekre, ha a szondák egy másik naprendszert látogattak volna meg. Az *Európe* olyan sima és szabályos gömb, amilyennek a régi görögök képzeltek az égitesteket, és amelyre hivatkozva nem hitték el a középkorban, hogy hegyek vannak a Holdon. A *Kallisto* az eddig ismert „legkráteresebb” égitest a Naprendszerben. Nehéz elképzelni, hogy ennél több kráter lehetne még rajta. Valószínűleg a Naprendszer egyik legöregebb felszínét találtuk meg itt. Az *Ió* viszont a legfiatalabbat képviselheti folyamatosan működő vulkánjaival. A *Ganimédész* az előbbi kettő keveréke: sötét kráteres felületét ősrégek, karcos sávjaikat pedig igen fiatalnak vélik a szakemberek. Az *Amaltheia* a Phoboszra nagyon hasonlító — csak tízszer akkora — hosszúkas kódarabnak bizonyult.

### A Jupiter felhői

A bolygókorongra pillantva feltűnő annak szabályos, párhuzamos csíkozottsága (lásd belső borító). Régi megállapodás szerint a sötétebbeket *öveknek*, a világosakat *zónáknak* nevezik. Létüket a különböző sebességű nyugat—keleti áramlásoknak köszönhetik, és a bennük létrejövő felhők különbözősége rajzolja ki őket. A szelek nyugat—keleti irányúak, és a relatív sebesség a zónák és övek határán a legnagyobb. A sebességeloszlás az egyenlítőhöz képest elég szimmetrikus, ezért meglepő, hogy a felhők szerkezetében és színében sok tekintetben jelentős aszimmetria van az északi és a déli félgömb között. A legfeltűnőbb aszimmetria: a déli félgömb *Nagy Vörös Foltja* és több kisebb *fehér foltja*. (2. ábra). Délen a sztratoszféra is hidegebb. Magában a Nagy Vörös Foltban lényegesen alacsonyabb a hőmérséklet, mint a folt környezetében. Ebben a száz év óta tomboló anticiklonikus örvényben körülbelül 6 napos periódussal forog körbe az anyag. Úgy vélik, hogy egy olyan felszálló mozgás központja, amely a fehér foltoknál mélyebb rétegekből emeli fel az anyagot. A fehér foltok is anticiklonikus forgásúak, vagyis a déli félgömbön az óramutató járásával ellentétes, az északin vele megegyező az anyagmozgás iránya. Egy-egy ilyen fehér örvény 50 évig is fennmarad, míg a Nagy Vörös Foltról tudjuk, hogy legalább 120 éve létezik. Ezek az oválisok tehát elég stabil légköri képződmények. A Pioneer (1973–74) és a Voyagerek (1979) repülése között eltelt rövid idő alatt is szín- és albedovál-

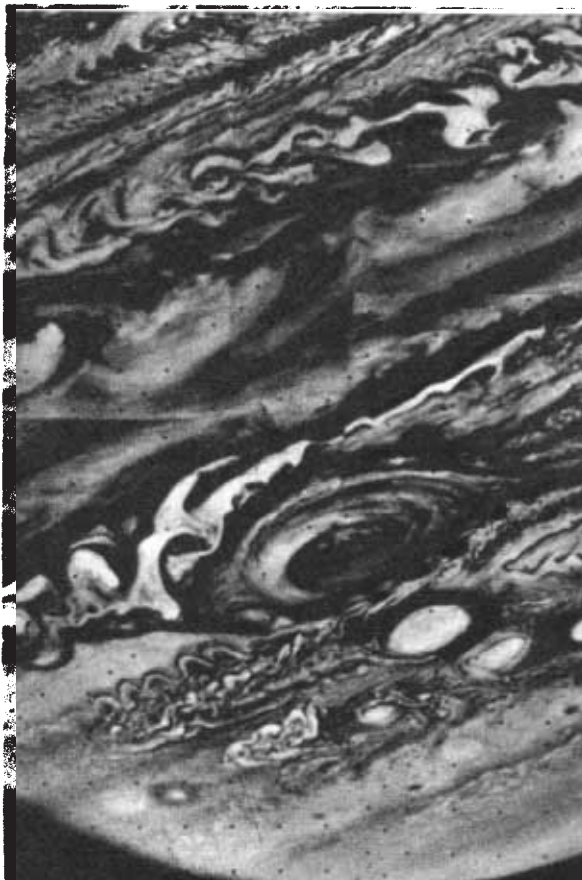


1. ábra. A Voyager—1 űrszonda indítása Cap Canaveralról, Titan-III D—Centaur hordozórakétával

tozást figyeltek meg sok helyen. Például a  $-25^{\circ}$  —  $-30^{\circ}$  -nál lévő zóna 1974-ben világos volt, most sokkal sötétebb.

A mért sebességek nemesak szimmetrikusabbnak mutatkoztak a színnel és az albedónál, de stabilabban meg is maradtak. A különböző méretű képződmények sebességét megmérve az adódott, hogy mind azonos sebességgel mozognak. Ez arra utal, hogy inkább anyagmozgással, mint hullámjelenséggel van dolgunk.

2. ábra. A Jupiter bolygó örvényes felhőrendszere és a Nagy Vörös Folt



Az egyenlítő körül elhelyezkedő felvöl, vagy söprű alakú felhők sorozata (3. ábra) azonban valószínűleg hullámjelenség. Ezen söprűfelhők 2000 km átmérőjű fejénél felfelé irányuló áramlást tételeznek fel, miután a földi kumuluszfelhőkhöz hasonló, 100–200 km átmérőjű felhőelemek találhatók itt. Az anyag kifényesedik, és gyorsan szétdobódik – mintegy 50–100 órás időtartam alatt. Az egész egyenlítő körül 12–15 ilyen söprűfelhő helyezkedik el, és hátráló mozgást végez nyugat felé, mintegy 100–120 m/s (kb. 360–430 km/h) sebességgel. Az övek és zónák mintázata a 60°-os szélességeken túl is kiterjed. Ezt a földi megfigyelések nem árulták el.

### A Jupiter magnetoszférája és ionszférája.

#### Sarki fény a Jupiteren

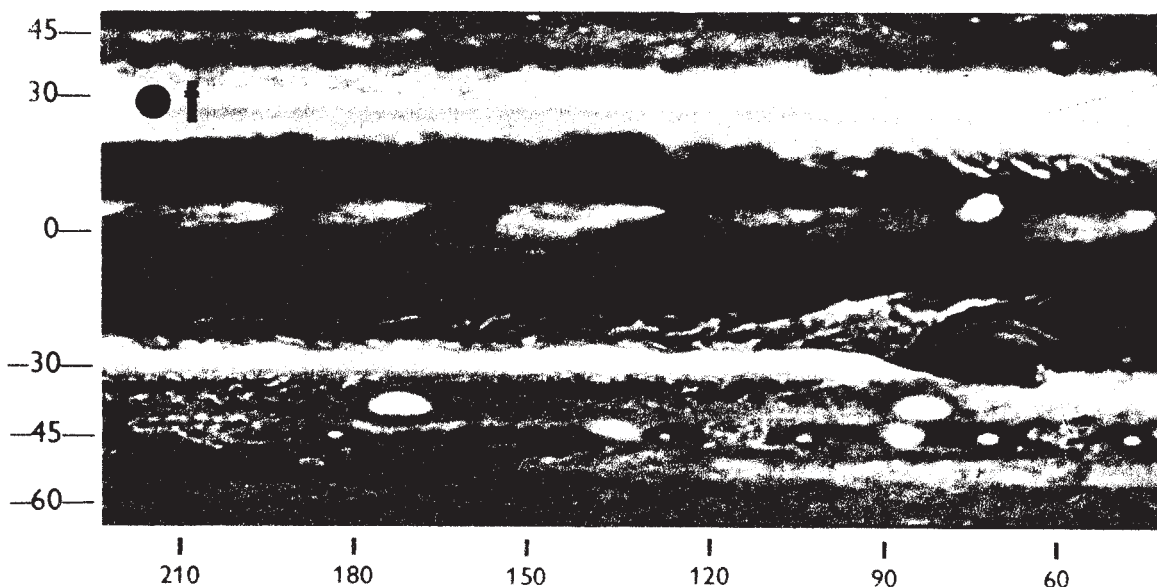
A Jupiter erős mágneses tere is kialakítja a bolygóközi mágneses térben, a maga „felségterületét”, az úgynevezett *magnetoszférát*, ahová a Naptól származó részecskeáramlás nem juthat be közvetlenül (4. ábra). A magnetoszféra körülbelül 70 jupitersugárig terjed ki a Nap irányába, és legalább 300–400 jupitersugárig húzódik el a Nappal ellentétes oldalon, de a Pioneer–10 űrszonda műszerei a Jupiter-magnetoszférát meg a Szaturnusz-pálya távolságában is kimutatták. A magnetoszférán belül erős sugárzási övezetek vannak. Az *Íót a Jupiterrel összekötő mágneses erővonalakban millió amper erősségű áram folyik*, melynek fenntartásához az energiát az Íó mozgási energiája szolgáltatja. Ez az óriási áram lényegesen hozzájárul mind a Jupiter ionszférájának, mind az Íó felszínének és légkörének fűtéséhez.

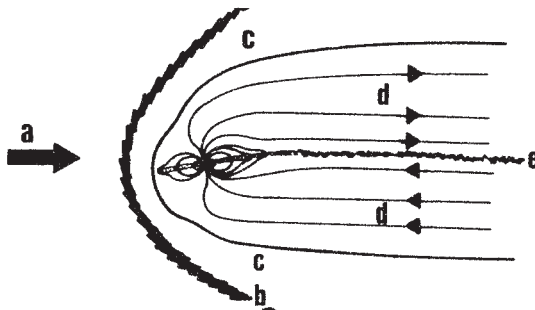
A Pioneer–11 és a Voyager szondák méréseinek összehasonlításából arra lehet következtetni, hogy a Jupiter ionszférája nagy időbeli és térbeli változásoknak van kitéve.

A Jupiter mágneses tere által fogva tartott részecskék körülbelül 5 jupitersugárral (350 000 km) távolságig együtt forognak a bolygóval. Először az Íó pályáján kívül találtak olyan jelenségeket, amelyek arra engednek következtetni, hogy az erővonalak leszakadtak, és már nem követik a bolygót forogásában. Lehetséges, hogy az Íó vulkánjai által a plazmagyűrűbe (törusz – lásd az Íonát) juttatott anyag az, ami lefejezi a külső magnetoszféra együttforogását a bolygóval.

Az erős mágneses tér miatt *sarki fény* létrejötte is várható volt a Jupiter felsőlegkörében; ezt ki is mutatták a Voyager műszerei. Legalább három régióban, a felhőréteg teteje feletti 700, 1400 és 2300 km-es magasságban keletkezik sarki fény, és néha egészen a 60°-os szélességig kiterjed. A jelenség időben erősen változó, néha csak egy-két percig marad ugyanolyan. Főleg ott keletkezik sarki fény, ahol azok az erővonalak hatolnak be a felsőlegkörbe, amelyek keresztülmetszették az Íó plazmagyűrűt. Ennek nyilván az az oka, hogy a plazmagyűrűből „megszökő” elektronok és ionizált részecskék a Jupiter mágneses erejének kénytelenek engedelmessé válni, így annak erővonalai mentén haladnak, majd beleütköznek a Jupiter felsőlegkörébe, ahol is sarki fényt hoznak létre.

3. ábra. A Jupiter felhőzetének kiterített képe a +45° és –60° szélességek között. A bal felső sarokban látható kis fekete kör a Föld átmérőjét jelzi. (A Voyager–I felvételei alapján.)





4. ábra. A Jupiter magnetoszférája: a — napszél, b — lökeshullám, c — magnetopauza, d — mágneses csóva, e — semleges lepel



5. ábra. A Voyager—2 felvétele a Jupiter vékony gyűrűjéről

### A Jupiter gyűrűje

A Voyager—1 legnagyobb meglepetésének egyike a Jupiter körül talált gyűrű, amelyet aztán a Voyager—2 szonda 4–5 hónappal később részletesen megvizsgált, és több felvételt is készített róla (5. ábra). A gyűrű mintegy 30 km vastag, apró, néhány centiméteres méretű részecskékből áll, és külső széle a bolygó középpontjától 128 000 km-es távolságra található. A Voyager—2 képeinek elemzése alapján a gyűrű távolságában egy újabb (30–40 km átmérőjű) határt is felfedeztek.

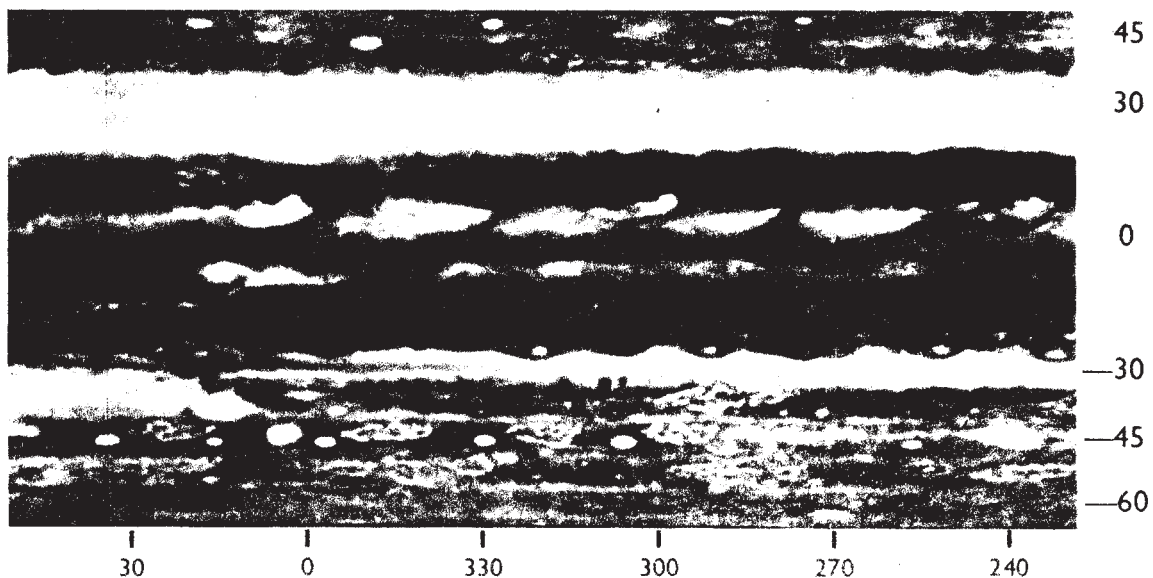
A Jupiter körül 2,4 jupitersugárnvira van az úgynevezett Roche-határ. Ezen belül az árapályerők szétrombolnak minden természetes holdat. A Jupiter gyűrűje és az új hold ezen a határon belül, 1,8 jupitersugárnál helyezkedik el, körülbelül félúton a légkör határa és az Amaltheia pályája között.

A Voyager—1 ezen felfedezése után már a Földről (Hawaii-ban) is sikerült megfigyelni a Jupiter gyűrűjét — infravörös fényben. Ebben a 2200 nm hullámhosszú sávban a Jupiter gyűrűje 11<sup>h</sup>-val halványabb, mint a Szaturnuszé. A Jupiter és gyűrűje — viszonylagos mereteit tekintve — inkább az Uránusz gyűrűjére emlékeztet, nem olyan „elegáns, széles karimájú”, mint a Szaturnuszé.

### A Jupiter villámai

A Jupiter északi oldalát vizsgáló Voyager műszerei sok villámot figyeltek meg, melyek „jupiterraízi” szélesség szerint egyenletesen oszlottak el. Egy-egy villám erőssége 3000 kWh körüli, vagyis a legerősebb földi villámokkal, az úgynevezett szupervillámokkal azonos erősségű. Az a tény, hogy nagyobb szélességeken is megfigyeltek villámot, arra utal, hogy — a Jupiter nagy lapultsága és belső hője miatt a polusok környéke melegebb lévén az egyenlítőnél — a felhőrendszerben nagyobb szélességeken is konvektív\* áramlások lépnek fel.

\* konvektív: hő-áramlásról beszélünk, ha a hőt mozgó anyagi részecskék viszik át egyik helyről a másikra, szemben a hővezetéssel, illetve sugárzással, a hőátadás másik két lehetséges fajtájával.



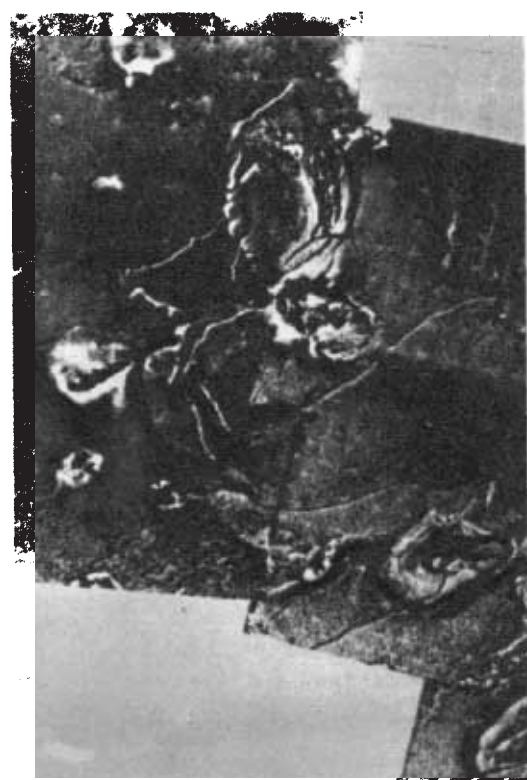
## Amaltheia

Az Amaltheiától elég messze haladt el a Voyager-1: 420 200 km-nyire, körülbelül úgy, ahogy annak idején a Mariner-9 a Phobosz mellett. Az Amaltheia ellipszoid alakú, mérete 265 × 140 km. Két óriási krátert találtak rajta, és ez a hold méreteihez képest éppen olyan nagy, mint a Phobosz méretéhez képest a Stickney-kráter; vagyis a lehető legnagyobb becsapódás nyoma, ami még nem törte szét a holdat (6. ábra). Elegendő valószínű, hogy mindkét hold egy nagyobb égitest törmeléke, amelyet esetleg egy nagyobb ütközés tört két vagy több részre.



6. ábra. A Jupiter Amaltheia holdja

Az Amaltheia felszíni hőmérséklete nagyobb, mint amekkorát a Naptól mért távolsága alapján vártak. A Jupiter magnetoszférájában mozgó hold felszínét valószínűleg a becsapódó részecskék is melegítik, másrészt az Io belsejét melegítő arapályhatás a többi holdnál, így az Amaltheiánál is működik.



## Io

Az Io két nagy meglepetéssel is szolgált: egyrészt a Földön kívül egyedül itt találtak aktív vulkanizmust, másrészt az Io pályája mentén egy „mentő-övet”, úgynevezett plazmatörzst, rajzoltak ki az Ióról leszakadt ionizált részecskék. A Voyager-1 felvételén nyolc aktív vulkán, és száznál több kalderaszerű mélyedést lehetett azonosítani. Ezek némelyike a 200 km-es átmérőt is elérte (a Földön a kalderák nem nagyobbak néhány km-nél). A Voyager-2 odaérkezésekor a nyolc vulkán közül hét még mindig működött. Az anyag száz, sőt néha 250 km magasra is felrepült a vulkánkitöréseknél, ehhez 1 km/s (3600 km/h) kidobási sebességet kell feltételezni. (Lásd a címlapot.) Az Io vörös-sárgás színét a kén okozza. Különböző vegyületei, és más anyagokkal való keveredése következtében áll elő a színeknek az az orgiája, amelyet a Voyager-kepekken láthatunk. A vulkánkitörések nem a Földön szokásos módon, magas hegyek tetején lévő kalderákból történnek. Egyáltalán nincsenek magas hegyek az Ion. Inkább úgy képzelhetjük, hogy a kéreg nagyon vékony, s néhol az azon keletkezett nyílásokon kifolyik, lepényszerűen szétterül a „lava” (7. ábra). A hold szilikátos anyaga egy 20 km-es vastagságú kérget leszámítva olvadt. A szilikátkéreg felett körülbelül 4 km vastag folyékony „kénóceán” található, melynek felszíne befagyott, egy igen vékony kérget alkot. A kénóceán alatti vulkánkitörésekből származó magma sohasem éri el a felszínt, mert előtte a kevésbé sűrű kén ömlik ki a repedéseken. „Folyásfrontok” mutatják egy-egy lepény-szelet, amelyeknek vastagsága nem nagyon haladja meg az 1–2 km-t.

7. ábra. Az Io kéreg-alattól kifolyt és lepényszerűen megdermedt kénplatói, és egy kaldera felülnézete. (A Voyager-1 felvétele)



A vizsgált jupiterholdak főbb adatai és az űrszondák legkisebb távolságai az egyes égitestektől

|            | átmérő               |           |           | sűrűség<br>g/cm <sup>3</sup> |
|------------|----------------------|-----------|-----------|------------------------------|
|            | földi csillagászati  | Pioneer   | Voyager   |                              |
|            | mérések alapján (km) |           |           |                              |
| Ió         | 3640 ± 20            | 3680 ± 60 | 3640 ± 30 | 3,53                         |
| Európé     | 3000 ± 200           | 3104 ± 40 | 3130 ± 30 | 3,03                         |
| Ganümédész | 5270 ± 50            | 5300 ± 50 | 5280 ± 30 | 1,93                         |
| Kallisztó  | 5000 ± 150           | 4840 ± 40 | 4840 ± 30 | 1,79                         |

|                      | távolság a<br>Jupitertől |      | keringési<br>idő<br>nap | tömeg<br>M <sub>J</sub> hold = 1 | egyenlítői<br>átmérő*<br>km | legkisebb távolság<br>km |           | legjobb<br>felbontás<br>km |
|----------------------|--------------------------|------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------|
|                      | km                       | RJ   |                         |                                  |                             | Voyager-1                | Voyager-2 |                            |
| 1979 J – 1 (új hold) | 128 000                  | 1,8  |                         |                                  | 30                          |                          |           |                            |
| gyűrű                | 128 000                  | 1,8  |                         |                                  | 30                          |                          |           |                            |
| Amaltheia            | 181 300                  | 2,5  | 0,48                    |                                  | 270                         | 420 200                  | 558 600   | 8                          |
| Ió                   | 421 600                  | 5,9  | 1,77                    | 1,2                              | 3640                        | 20 570                   | 1 129 900 | 1                          |
| Európé               | 670 900                  | 9,4  | 3,55                    | 0,7                              | 3130                        | 733 760                  | 205 800   | 4                          |
| Ganümédész           | 1 070 000                | 15,0 | 7,16                    | 2,0                              | 5280                        | 114 710                  | 62 300    | 1                          |
| Kallisztó            | 1 880 000                | 26,3 | 16,69                   | 1,5                              | 4840                        | 126 400                  | 214 900   | 2                          |
| Jupiter              |                          |      |                         | 26148                            | 142 796                     | 348 890                  | 721 800   | 7                          |
| Hold                 |                          |      |                         | 1,0                              | 3474                        |                          |           |                            |
| Merkur               |                          |      |                         | 4,5                              | 4874                        |                          |           |                            |
| Föld                 |                          |      |                         | 82,2                             | 13742                       |                          |           |                            |

\* a gyűrű esetén vastagság

Az olvadt kénben lévő gázok a kéreg alatt, a felszín közelében összegyűlnek, majd a növekvő nyomás a kéreg nyílásain keresztül kipréseli az anyagot, valahogy úgy, mint a földi gejzíreknél. A gáznemű anyag – ha kijut a nyílásokon – a nyomás alól felszabadulva finom részecskékké kondenzálódik, és fehér kéndioxid-hóként hullik vissza a felszínre. A gáznemű állapotban maradt anyag képezi az Ió „légkörét”, melynek nyomása a felszínen a földinél csak tízmilliomod része, és amely főleg kéndioxidból tevődik össze. Ezeket a gázokat az Ió azonban hamar elveszti, a gázburrok leszakad a holdtól és az Ió pályája mentén tovább mozogva mutatja, hogy merre járt a hold. Hasonló ez ahhoz, mint ahogy egy füstölő autó útját is kirajzolja az autótól lemaradó füstcsík. Az említett plazmagyűrűbe ilyen módon másodpercenként mintegy 2–3 tonnányi új anyag kerül. Ha nem működne a vulkánok, hamar eltűnne az Ió légkörét alkotó gáz. A vulkánok működése azonban mindig újra pótolja a veszteséget. Ha a vulkánok abbahagynák tevékenységüket, a nátriumgőz már 20 óra elteltével nem lenne kimutatható. Mivel az utóbbi 20 évben a Földről figyelve mindig találtak nátriumot az Ió körül, arra lehet következtetni, hogy a vulkáni tevékenység állandó az Ió felszínén. A felszín hőmérséklete – 140 °C körül van, de egyes helyeken ennél körülbelül 50 °C-al magasabb. Van egy „forró pontja” is az Iónak, ahol 160 °C-al magasabb a hőmérséklet mint a környezeté, vagyis +20 °C (a kén ol-

vaspontja 100 °C felett van, tehát a kén a felszínen sehol sem lehet olvadt állapotban). A Voyager–1 mintegy 1 km-es részleteket tudott megkülönböztetni, de ilyen felbontás mellett sem találtak egyetlen becsapódásos krátert sem az Ió felszínén. Ez nyilván azzal magyarázható, hogy a vulkanizmus eltüntette a nyomokat. A nagyobb testek a „hártványvékony” kéreg áttörve eltűnnek, a nyomukat a láva eltakarja. Ha a Jupiter környékén is olyan arányban keletkeznek kráterek a meteorok becsapódásai miatt, mint a belső Naprendszerben, akkor a most látható felszín nem lehet idősebb 10 millió évesnél.

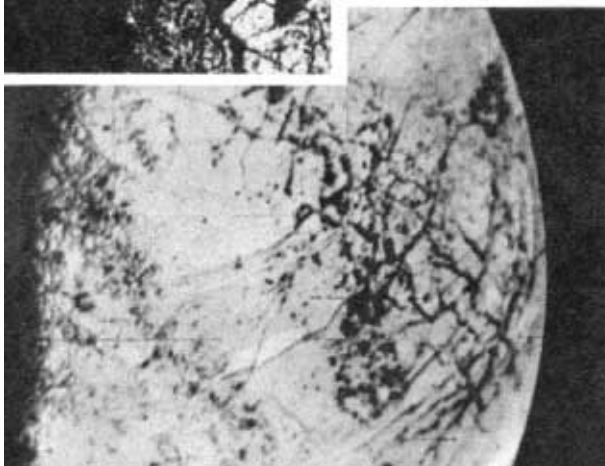
Mi lehet az oka annak, hogy – ellentétben a Holddal, Marssal, Vénusszal, Merkúrral és a többi Galilei-holddal – az Ión ilyen aktív a vulkáni tevékenység? Az elképzelés a következő: Az óriási tömegű Jupiter körül kötött forgást végző Ió belsejében a többi nagy méretű hold elhaladása óriási árapály-feszültségeket kelt, és ez az árapály-súrlódás olvadt állapotban tartja az Ió belsejének anyagát. A vékony kéreg követi a belső, olvadt rész árapálymozgását, s ez nyilván töréseket hoz létre rajta. Korábban már egyes elméleti számítások alapján jelezték, hogy az Ió belseje feltehetőleg olvadt állapotban van, sőt infravörös színektartományban kifényesedést is észleltek az Ión, de a kutatók nem merték elhinni, hogy ezeket aktív vulkáni tevékenység okozza (bár a javasolt három magyarázat egyike ez volt).

## Európé

Az Európé felszíni hőmérséklete  $-148^{\circ}\text{C}$  körüli az egyenlítő napsütötte részén, illetve  $-183^{\circ}\text{C}$  a terminátornál. Síma felszínén rengeteg kusza vonal látható (8. ábra). Olyan, mint amilyenek Schiaparelli rajzolta a marscsatornákat. A Voyager-1 képeken a legjobb felbontás 33 km volt, mivel a szonda mintegy 734 000 km-nyire repült el az Európétől. A Voyager-2 már 206 000 km-nyire közelítette meg, mintegy 4 km-re javítva a képek felbontását. Becsapódásos krátereknek nyoma sincs az Európé felszínén. A lineáris alakzatok 50–200 km szélesek, és több ezer km hosszúak. Az Európé sűrűsége nagyobb, mint a Ganümédészé vagy a Kallisztóé, de kisebb, mint a Holdé és a belső Naprendszer Föld-típusú bolygóé. Ebből az következik, hogy legalább 20%-a vízből áll. A H<sub>2</sub>O jelenlétét már földi megfigyelésekkel is kimutatták. Amennyiben a fenti számok helytállóak, ez azt jelenti, hogy körülbelül 100 km vastag vízjég réteg borítja a hold felszínét, s természetesen minden domborzatot eltakar. A hold tökéletes gömb alakú és síma felszíne arról tanuszkodik, hogy ez a H<sub>2</sub>O mennyiség vagy olvadt víz, vagy kásás jég formájában van, vagy volt jelen valamikor az égitest története folyamán. Ha az Ion feltetelezett árapályfűtés itt is működik, nincs kizárva, hogy a felszíni légkör alatt most is képlékeny jég vagy víz van. A kusza vonalak (a „marscsatornák”) egy viszonylag sekély felszíni réteg repedései, rianásai lehetnek. Ezek a kéreg árapályfeszültsége következtében jöhetnek létre, és hasonló azokhoz a törésekhez, mint amilyeneket a földi jégmezőknel figyelhetünk meg. Ezeken a repedéseken keresztül alulról felpreselődhet a jeges kása, és új réteget képezhet a felszínen.



8. ábra. Az Európé hold jégfelszínét „marscsatornaszerű” rianások fedik. (A Voyager-2 felvétele, 1979. július 9.)



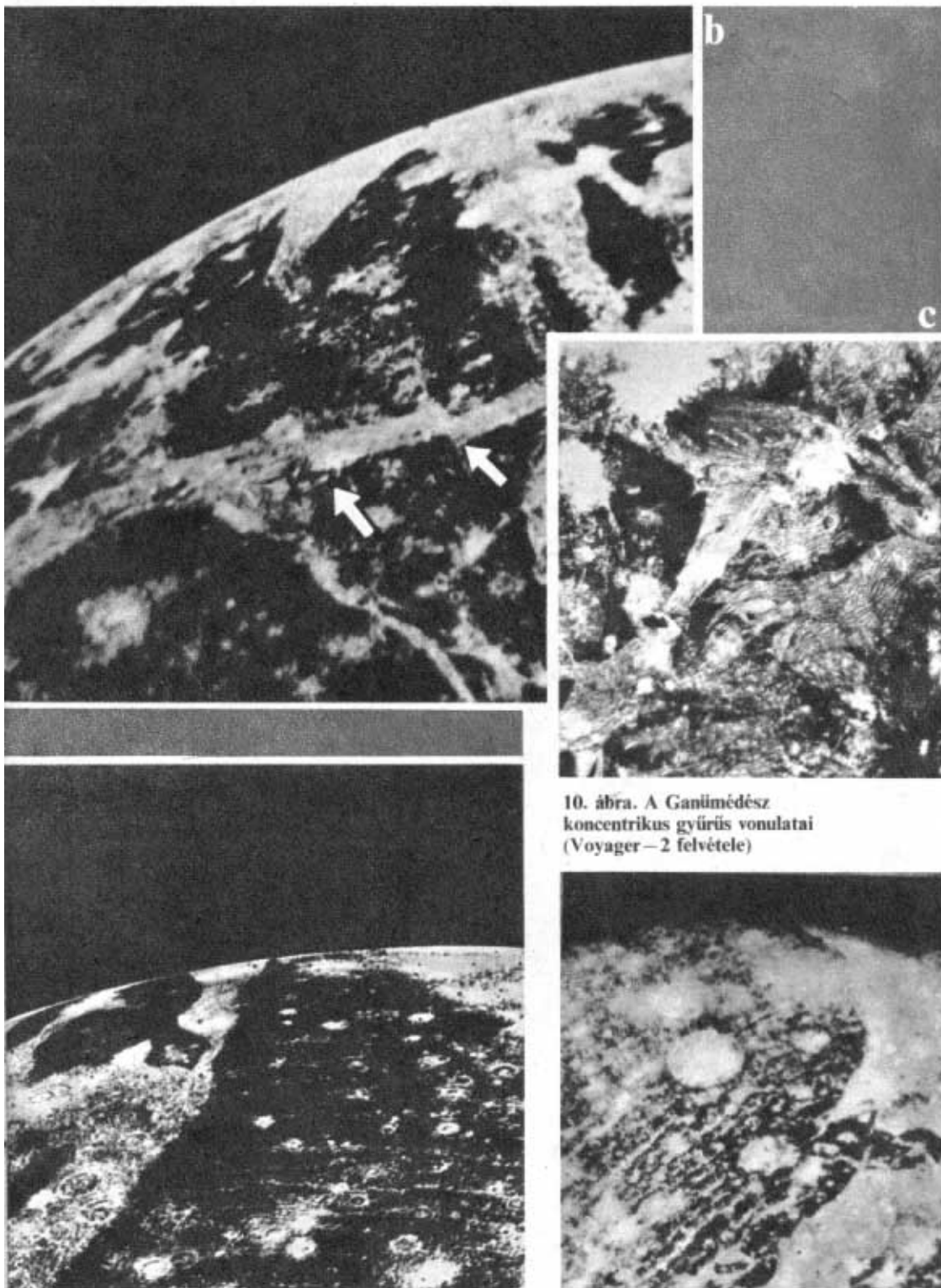
## Ganümédész

A Voyager-1 képein látható felszín kettős jellegűnek mutatkozott. Sötétebb, régi, kráterekkel teli, sokszög alakú „táblák” között párhuzamos árkokkal, „karcolásokkal” szabdalta, keskenyebb sávok helyezkednek el. Ezek a sávok világosabbak, és helyenként olyan „keresztvetők” láthatók rajtuk, mint a Földön, az óceáni hátságokon. A sávokban általában egy-két tucat árok van, amelyek 5–10 km szélesek és mintegy 100 m mélyek. A sávok 10–100 km szélesek és 10–1000 km hosszúak. Talán a Földön kívül itt találtuk meg először a lemeztectonika nyomait a Naprendszerben. (9. ábrák.)

A Voyager-2 által készített 1 km felbontású képeken már jobban látszik, hogy nem annyira elhéro tulajdonságú a kétféle terület, az árkos részen is találhatók kráterek, bár sokkal kisebb számban. Az újabb felvételek bizonyossága szerint (10. ábra) a Ganümédészen is találtak egy olyan koncentrikus gyűrűrendszert, mint a Kallisztón. Ez a „fagyott hullámrendszer” óriási méretű, a hold felületének legalább a felét beborítja. Mivel a Ganümédész sűrűsége  $1,9\text{ g cm}^{-3}$ , ez arra utal, hogy a bolygó anyagának mintegy 50%-a víz. A világos, árkos reszek albedója olyan nagy, hogy ott a víz valószínűleg a felszínen található — jég formájában.

9. ábra. A Ganümédész ősi, sötét és friss, karcolásos felszíne. A nyílak a „keresztvetőkre” mutatnak. a, b, c:

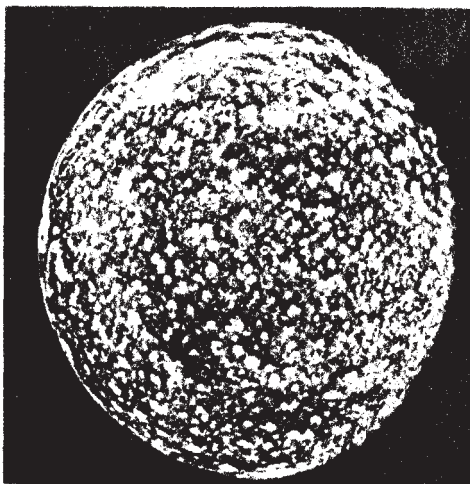




10. ábra. A Ganümédész koncentrikus gyűrűs vonulatai (Voyager – 2 felvétele)

## Kallisztó

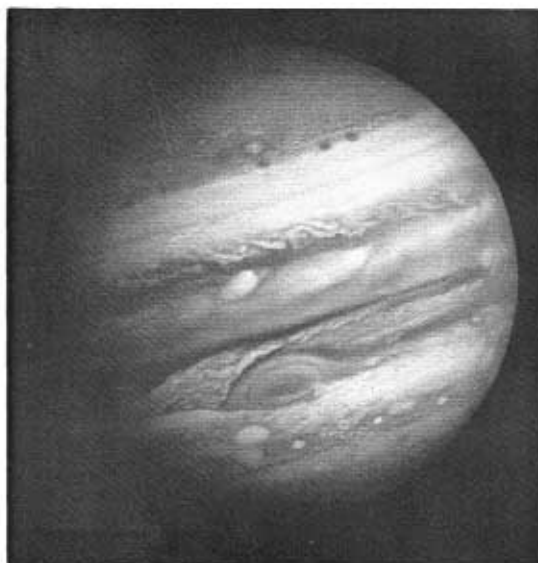
A Voyagerek által elért legjobb felbontás 2 km. A hold minden oldalról ugyanolyan képet mutat: tele van becsapódásos kráterekkel (11. ábra). Felszíne valószínűleg a legősibb, amit ma ismerünk a Naprendszerben. Olyan sok becsapódás nyoma látható rajta, hogy „megszámlálni is több évig tartana” – mondta az egyik amerikai kutató „amikor ránézett a szondák által továbbított képekre, sűrűsége 1,79 g/cm<sup>3</sup> – a leglétsőbb a Galilei holdak közül. Sok vizet tartalmazhat, bár felszíne igen száraz. Két koncentrikus felszíni gravitációs rendszere van (lásd a belső borítót), amelyek egy ősi becsapódás maradványai lehetnek. Ezeknél bizonyos hasonlóság található a Hold és a Merkúr nagy becsapódásos medencéivel (Mare Orientale, Caloris medence), azonban még több a különbség. Hiányzik például a középponti medence, helyette a nagyobbiknál egy 300 km átmérőjű, kör alakú, füvesebb területet találunk, amelyet 8–10 fényes, koncentrikus, kör alakú, felepített gerinc vesz körül, többé-kevésbé azonos távolságra követve egymást, mintegy 1500 km távolságig. Nincsenek továbbá sugárirányú ki-dobott sávok, és nincs gyűrűs hegység. Az eltérések oka valószínűleg az, hogy a Hold kőre kemény, szilikátokban gazdag, a Kallisztóé pedig jéggel teli. A sok jeget tartalmazó kéreg folyása esőkkéntette a felszíni reliefet – vagy már a becsapódás idején vagy később.

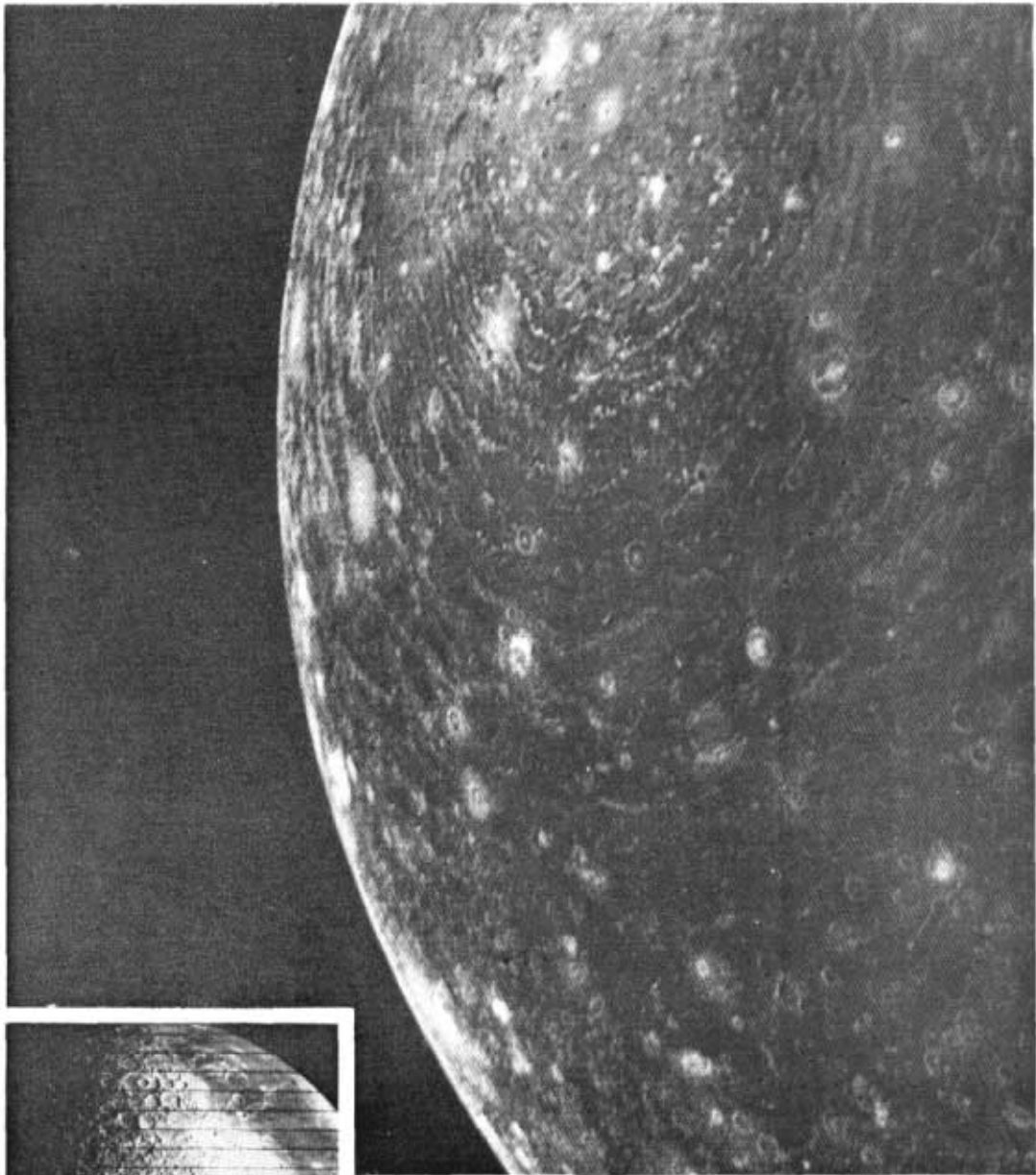


11. ábra. A Kallisztó kráterekkel szabdalts fel-színe (A Voyager—2 felvétele)

Cikkünkben áttekintettük a Jupiter különös világával kapcsolatos legújabb eredményeket. A Voyager szondák sikeres működése a külső Naprendszerben talán tágított annyit látóköriünkön, mint annak idején Galilei, amikor távcsövével felfedezte a Jupiter holdjait.

ILLÉS ERZSÉBET –  
HORVÁTH ANDRÁS  
MELX CSÖltagvizsgáló Intézet





A Jupiter Kallisztó holdjának egyenlítői, nagy koncentrikus hullámrendszere, amely valószínűleg egy kisbolygó becsapódásának nyomát őrzi.

(A Voyager-1 felvétele, 350 000 km-ről, 1979. március 6-án).

A bal alsó sarokban összehasonlításul a Mare Orientale