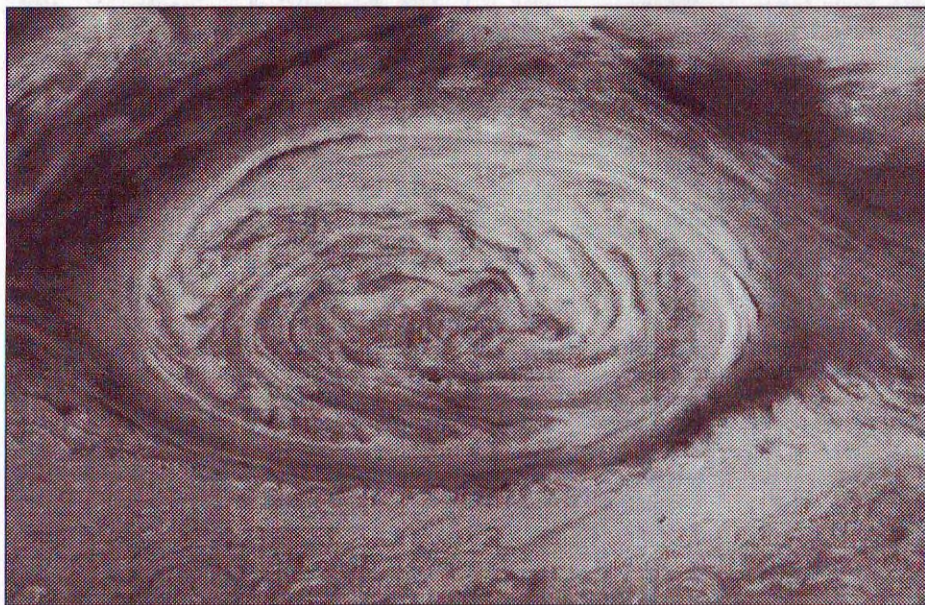


Egy óriásbolygó óriásholdjai

A Jupiter a „leg”-ek bolygója. A Nap legnagyobb kísérője nemcsak a legnagyobb légköri örvénnyel büszkélkedhet (ez a Nagy Vörös Folt), de egyben a legnagyobb holdrendszer tulajdonosa is. Kísérőinek összömege túlesz bármely másik bolygó holdjainak tömegén. A holdrendszer emellett hihetetlenül változatos és érdekes: mintha ebben is meg akarná előzni társait. Amikor a Pioneer- és a Voyager-űrszondák az első közelképeket sugározták a holdakról, teljesen új világ nyílt meg a szakemberek előtt. Bár a Galileo még csak fél éve vizsgálja ezeket az égitesteket, máris számos érdekes eredményről számolhatunk be.



A Nagy Vörös Folt (a Galileo űrszonda hat különböző felvételéből összeállított mozaikkép)

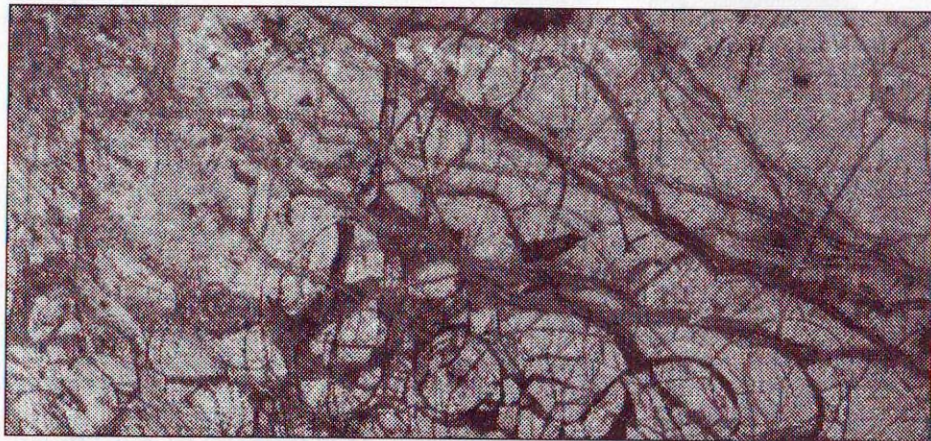
A négy Galilei-hold, melyeket elsőként a híres itáliai csillagász pillantott meg 1609-ben, méretét tekintve a mi Holdunkhoz áll közel. Mind a négy a Jupiter magszférájában kering. Felszínüket nem a Nap, hanem az óriásbolygó részecskezéppora éri. A két belső hold, az Io és az Europa összetételében a kőzetek dominálnak, míg a távolabbi Ganymedes és Callisto anyagának nagyjából felét vízjég alkotja. A gázóriástól távolodva arányosan csökken a sűrűségük (3,53; 3,04; 1,93; 1,83 g/cm³). Mint azt a korábbi űrszondás vizsgálatok megállapították, és a Galileo is megerősítette, rendkívül változékony felszínnel, aktív belső erőkkel rendelkeznek. Az ok egyrészt a kőzetanyagukban lévő radioaktív elemek bomlása, másrészt a pályarezonanciák és árapályerők hatása, melyek hőt fejlesztenek az égitestekben. Ráadásul felszínük — az Iót kivéve — főként vízjégből áll, melynek megolvasztásához kevés energia szükséges. Cikkünkben bemutatunk néhányat a Galileo-űrszonda legújabb felvételeiből.

Az Io a vulkánok otthona. Az égitesten nem találunk becsapódásos krátereket, mivel a folyamatosan felszínre ömlő láva és vulkáni termékek mindent elborítanak. A modellszámítások szerint az egész holdra átlagosan 10 mikrométeres vagy még vastagabb anyagréteg rakódik évente. Közel 200 olyan vulkáni kaldera található az Ión, melyek mérete meghaladja a 20 km-t. (Földünk 3,5-szer nagyobb felszínén csak 15 ilyen akad.) Az anyag kilövellési sebessége rendkívül magas: 0,5–1 km/s. Az aktivitás emellett egyenletesnek, folyamatosnak mondható. Azaz nyugodtan dolgozó, de az anyagot gyorsan kispriccelő vulkánok otthona az Io. A hold gyenge gravitációs tere és ritka légköre révén hatalmas méretű, mértanilag szabályos, szökőkút alakú kitörési felhők keletkeznek. A kidobott anyag a 200–300 km-es magasságot is elérheti, és egy része a holdat elhagyva Jupiter körüli pályára állhat. (Ha a Yellowstone Nemzeti Park Öreg Hűsége gejzírjét az Ióra helyezznénk, 35 km magas kitörési felhőt produkálna.) A vulkánok hajtómotorja érdekes módon nem is az Io belsejében van, a jelenséget ugyanis a Jupiter és a szomszédos holdak hozzák létre. Főként az Europa ludas a dologban, melynek keringési ideje pontosan kétszer nagyobb, mint az Ióé. Így az Io pályájának mindig ugyanazon a szakaszán halad el az Europa közelében, és szomszédjának vonzó hatására pályája ellipszissé torzul. Az Io, akárcsak a holdak többsége, kötött tengelyforgású, tehát mindig ugyanazt az oldalát fordítja a Jupiter felé. Keringési sebessége azonban az elliptikus pálya révén változó. Jupiter közelében gyorsabban, jupitertávolban lassabban halad, hol előresiet, hol pedig lemarad pályáján. A Jupiter keltette dagálykúpok ekkor periodikusan eltolódnak rajta, a hold „ide-oda” torzul, a feszültségek pedig hő formájában szabadulnak fel. Innen származik a vulkánok energiája.

A Voyager-1 szonda felvételein 1979 márciusában legalább 8 működő tűzhányó mutatkozott. A négy hónappal később érkező Voyager-2 ebből 6 kitörését rögzítette. Működésük tehát kitartó, a négy hónap alatt észrevehető változások történtek a felszínen. A Galileo felvételei sem okoztak csakodást — ma is vidáman pöfékelik az Io vulkánjai a kéndioxidot. Sikerült megörökíteni egy 100 km magas kitörési felhőt, mely a Patera nevű vulkáni központból származik. Az új felvételek jól mutatják azt is, hogy milyen változások történtek a Voyagerek és a Galileo szonda látogatása között. Csak a Ra Patera területén 40 ezer négyzetkilométert fedett be új termékekanyag. Az elmúlt 17 év a változásai a hold egész arculatára rányomták a bélyegüket. Kétségtelen, hogy az Io térképezése nem lehet unalmas munka.

A Galileo tavaly december 7-én mindössze 892 km-re repült el az Io mellett. Sajnos az adattovábbítás szűkös lehetőségei miatt kameráival nem tudta megörökíteni a holdat. A Galileo rádiójeleit a közelség során a hold gravitációs tere eltérítette, Doppler-eltolódást létrehozva. Az eltérélys jellegéből arra lehet következtetni, hogy nagy tömeg koncentrálódik az Io középpontjában. A hold teljes tömege a mérés alapján $8,932 \cdot 10^{21}$ gramm, sűrűsége $3,53 \text{ g/cm}^3$. A mag feltehetőleg főleg vasból áll, esetleg vas és kén keverékéből. Ha anyagául tiszta vasat feltételezünk, sugara a hold rádiuszának 36%-áig terjed ki, ha vas és kén keverékéből áll, valamivel több mint a sugár feléig ér. A heves vulkanikus aktivitás forró belsøre utal, lehetséges, hogy a vasmag is olvadt állapotban van. Az olvadt magban lezajló áramlások pedig mágneses teret hozhatnak létre — valószínűleg ennek a térnek a nyomára bukkant a Galileo magnetométere a közelség idején. Az első eredmények alapján erőssége összemérhető a Merkúr gyenge mágneses terével. A pontosabb és biztosabb eredményekre azonban még várunk kell.

Az *Europa* a legkisebb Galilei-hold, felszínét csillogó jégkéreg borítja. Az Io után a második legfiatalabb felszínű égitest a társaságban. Külső arculata mindössze 100 millió éves lehet, vagy akár még fiatalabb. A hold felszíne — a viszonylag képlékeny jég miatt — igen sima, a magasságkülönbségek nem haladják meg az 1 km-t. Tömegének közel 20%-a vízjég, ennek nagy része a kéregben található. A világosbarna felszín főleg vízjégből áll, fényvisszaverő képessége 70% körüli. Kérgén repedések, rianások bonyolult hálózata fut, melyeket eredetileg a víz fagyásakor fellépő tágulással illetve az árapályerők torzító hatásával magyaráztak. Ne feledkezzünk meg azonban az égitest fiatalos megjelenéséről — olyan felszínátalakító folyamatokról van szó, melyek a közelmúltban működtek, sőt esetleg napjainkban is üzemelnek! Ugyanakkor azt is figyelembe kell venni, hogy a jég a magas illetve mély formákat nem őrzi sokáig, a nagy kráterek idővel lelapulnak. Mindent összevetve igen nehéz a felszínformák eredetének értelmezése.



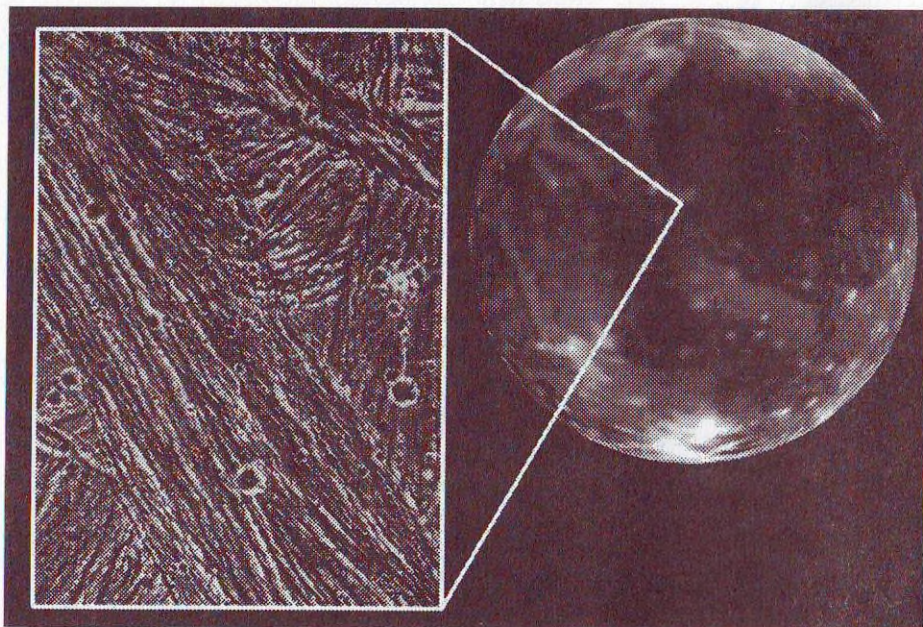
Az *Europa* felszíne (a kép alsó részén ívelt, kör alakú horpadások láthatók). A Galileo *Europa*-felvételei június 27-én készültek, a holdtól kb. 155 ezer km távolságra

Az előbb említett Io–*Europa* pályarezonancia az *Europát* is fűti, és az elméleti modellek szerint folyékony vízréteg bujkál a szilárd jég alatt. Az óceán vastagsága a 75–100 km-t is elérheti, és akár néhány km mélyen is kezdődhet. A Galileo megfigyelései alátámasztják az elgondolást. A felszínen futó sávok a jégkéreg repedései lehetnek, melyek mentén folyékony víz tört fel. A szélesebb, sötét sávok pereme jól láthatóan diffúz, közepükön pedig világosabb vonal fut. Itt a repedés mentén kőzettel kevert víz törhetett a felszínre, és a gejzírek anyagkidobása látható a sávok sötét részeként. Idővel csökkent a gejzírek aktivitása, és a felszínre került tisztább víz világosabb anyagként szilárdult meg — ez alkotja a sávok közepén húzódó világosabb vonalat. A felszín alatti víz vagy képlékeny jég mozgására utalnak a kör alakú formák. Ezek gyakran metszik egymást, a kör alakú törések idővel valószínűleg elhalnak, megszilárdulnak. Nyomuk azonban megmarad, és az újabbak keresztezhetik a korábbiakat. A jég megolvadásával csökken annak térfogata, és a felszín alatt így keletkezett tó felett a jég berogyhat. Ha a jégpáncél alatt gleccser módjára kúszik a jég, az is megrogyaszthatja a külső réteget. Elképzelhető, hogy így jöttek létre a kör alakú szerkezetek, melyek belsejében gyakran további aprózódás látható. A kisebb darabok elmozdulhatnak, elfordulhatnak eredeti helyzetükből.

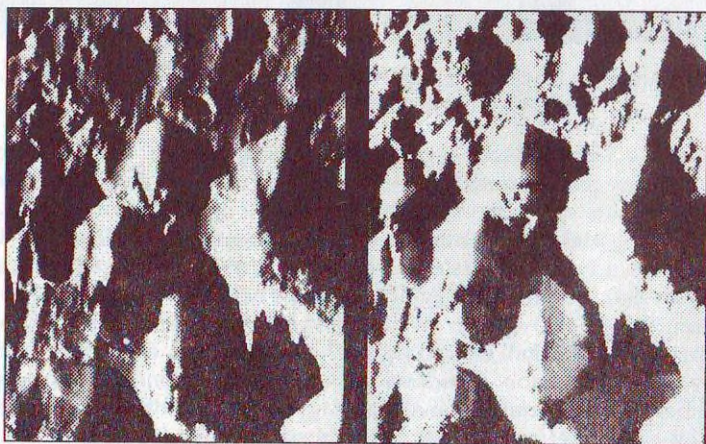


Egy 30 km-es kráter az Europa felszínén. A becsapódáskor keletkezett törmeléktakaró elborítja a kráter „felett” látható rianást.

A *Ganymedes* a Naprendszer legnagyobb holdja, mérete még a Merkúrét is meghaladja. Felszíne igen összetett, és belső aktivitás nyomait őrzi. Első közelítésben elnyúlt világos és sötétebb szögletes területek különböztethetők meg rajta. A sötétebb régiók sokszög alakúak, és mivel sűrűbben kráterezettek, idősebbek lehetnek. Ezeket választják el a világosabb és fiatalabb tartományok, melyek egymással párhuzamos barázdák ezreiből állnak. Egy-egy barázda néhány km széles, több 100 km hosszú, de mindössze 300–400 m magas. Sok helyütt egymást átfedő, bonyolult rendszert alkotnak. A belsőből előtörő jég hozhatta létre őket, és a különböző kitérés epizódok, az újabb és újabb repedések számos barázdarendszert alakítottak ki. Keletkezésükben a hold víztartalmának megfagyása játszott fontos szerepet, ami megnövelte az égitest térfogatát. Az ősből kéreg szétrepedt, a repedések mentén pedig felszínre jutott a jég. Ezeket a barázdarendszereket láthatjuk a Galileo felvételein (a legnagyobb közelség idején készült képek felbontása 11–30 m-t közötti!) Egyedül a tágulással azonban nehezen magyarázhatjuk a bonyolult formák kialakulását. Erős függőleges tektonikus mozgások is formálhatták az égitest arculatát. A Ganymedes krátereinek szintén laposak, mivel a jég meglehetősen képlékeny, a nagy teher alatt „szétfolyik”. A jég felszínű égitesteken ezért általában „alacsonyan zajlanak az események”. A Ganymedes geológiai szerkezete rendkívül összetett, akárcsak az Io és Europa holdaké.



A Ganymedes Uruk Sulcus nevű fiatal, gyűrött régiójának egy részlete. A Galileo június 27-én 835 km-re közelített meg a Ganymedest



A Galileo egyik nagyfelbontású felvétele a Ganymedes felszínéről. A legkisebb alakzatok mérete 11 m. A nagy albedójú jégfelszín ragyogása miatt a kép egyes részletei „túcsordultak”. A jobb oldali képen az árnyékban maradt, de a fényesen ragyogó domboldalak által megvilágított részleteket próbálták meg „kihozni” a kutatók

A Galileo tovább folytatja randevűt a Jupiter körül. A szonda eredményeiről a továbbiakban is beszámolunk cikkek és előadások keretében.

KERESZTURI ÁKOS