

A Szaturnusz holdjai

A Szaturnusznak harminc névvel ellátott, valamint ezeken kívül még három, egyelőre névtelen holdja van. A Szaturnusz holdrendszere érdekes dinamikai sajátosságokat mutat. Három holdpár, a Mimas-Tethys, Enceladus-Dione és Titan-Hyperion egymással rezonanciában vannak. Az első két holdpár 1:2, míg a Titan-Hyperion 3:4 arányú rezonanciában áll egymással. A Janus-Epimetheus holdpár pedig egymáshoz igen közeli, úgynevezett koorbitális pályán mozog. Ez azt jelenti, hogy átlagos szögsebességük egyenlő. Ha az ezzel a szögsebességgel forgó koordináta-rendszerből figyeljük mozgásukat, akkor mindkét hold úgynevezett lópatkó alakú pályán mozog. A Helene hold a Szaturnusz-Dione-rendszer L4 (vezető) Lagrange pontjának közelében tartózkodik. (Megjegyezzük, hogy ez a mozgás is a koorbitális mozgások családjába tartozik; a Helene hold a Dione koorbitális kísérője.)



A Titán a Cassini űrszonda infravörös felvételén.

A Titán

A Titán a Szaturnusz legnagyobb és legjelentősebb holdja. (A görög mitológiában a titánok Uránosz és Gaia fiai voltak.) A holdat 1655-ben C. Huygens fedezte fel.

A Titán legfontosabb adatai:

Fél-nagy tengelye: 1.221.830 km (a Szaturnusz középpontjától mérve)
Átmérője: 5150 km
Tömege: $1,35 \cdot 10^{23}$ kg



A Titán felszíne a Huygens leszállógység felvételén.

A Titánt sokáig a Naprendszer legnagyobb holdjának vélték. A legújabb megfigyelések kimutatták, hogy a hold igen vastag légkörrel rendelkezik, így átmérője valójában kisebb a Ganymedesénél.

A Titán első űrmissziójának is célbepontja volt. Elsőként a Voyager-1 közelítette meg, mely a felszínétől kb. 1000 km-re repült el. Ezalatt rengeteg információt gyűjtött a holdról. 2004 végén felé a Cassini közelítette meg többször a Titánt, míg 2005 januárjában a Huygens szonda leszállt a hold felszínére, ahonnan képeket is továbbított a Földre!

A Titán összetétele hasonló a Ganymedes, a Callisto, a Triton, valamint feltehetőleg a Plutó összetételéhez. Eszerint felerészben kőzetekből, fele-

részben pedig vízjégből áll. A hold középpontja körül található a kb. 3400 km átmérőjű kőzetmag, melyet a vízjég különböző módosulataiban lévő rétegek vesznek körül. Elképzelhető, hogy a Titán belső részében az anyag még magas hőmérsékletű.



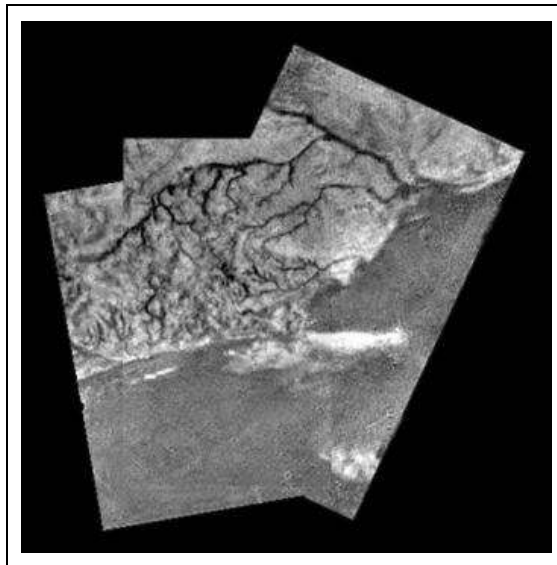
A Titán vastag, narancssárga színű légköre a Voyager űrszonda felvételén.

A nagybolygók holdjai

A Titánnak - a naprendszerbeli holdak közül egyedül - jelentős légköre van, felszínén a nyomás 1.5 bar, azaz a földinek másfélszerese. A légkör legnagyobb részben molekuláris nitrogénből áll, tartalmaz még kb. 6% argont, valamint néhány százalék metánt. Érdekesség, hogy a Titán légkörében szerves molekula-komponensek is megtalálhatók, pl. etán, hidrogén-cianid, szén-dioxid és víz. A szerves anyagok a felső légkört túlnyomó részben alkotó metán napfény általi bomlásából származnak. Ennek eredményeképpen a Titánt egy sűrű, vastag, szmogszerű köd borítja, mely valószínűleg sok tekintetben hasonlít az ősi Föld légkörére. A Titánnak nincs saját mágneses tere, és pályája néha kívül esik a Szaturnusz magnetoszféráján. A hold légköre tehát közvetlenül is ki van téve a napszél hatásának, mely ionizálja a légköre molekuláit, valamint akár további bonyolult kémiai reakciókat is eredményezhet.

A Titán felszíni hőmérséklete 94 K körüli. A mindent elborító sűrű ködön kívül a légkörben felhők is találhatók. Ezek valószínűleg metánból, etánból, továbbá egyéb egyszerű szerves anyagból állnak. Az űrből a felhők narancssárga színűek, melyet kis mennyiségben jelenlévő bonyolult molekulák okoznak. A Cassini űrszonda érkezése előtt úgy gondolták, hogy a felhőkből metán eső esik, mely a hold felszínén egy kb. 1000 m mély óceánt eredményez. Jelenleg azonban úgy tűnik, hogy ez nem igaz: a Huygens leszálló egység előzetes eredményei szerint a Titán felszíni „vízfolyásai” most szárazak. A tavak inkább „sárosak”, mint folyékonyak, valamint a medencéket sem tölti ki mindig folyadék. A felszínen ugyanakkor világosan látszanak csapadék, erózió, valamint folyékony halmazállapotú anyag nyomai.

Az infravörös tartományban készült földfelszíni képek, valamint a Hubble Space Telescope űrtávcső felvételei nyomán kezdenek kirajzolódni a Titán legnagyobb felszíni struktúrái. Ezek egy nagy fényes - előzetesen Xanadu-nak nevezett - „kontinens” léte, továbbá sötétebb tengerekre vagy tavakra engednek következtetni. A Cassini űrszonda sokkal nagyobb felbontású infravörös felvételei ugyanennek a struktúrának a létét erősítették meg. A felszíni alakzatok megfigyeléséből bizonyítást nyert az a feltételezés is, hogy a hold szinkronizált tengelyforgással rendelkezik.



A Huygens leszálló egység ereszkedése során készített képen a Titán felszínén eróziónyomok láthatók.

A Neptunusz holdjai

A Triton

A Triton a Neptunusz legnagyobb holdja. A holdat 1846-ban, a Neptunusz felfedezése után nem sokkal Lassell fedezte fel. A görög mitológiában Triton a tenger istene, Poszeidón (római megfelelője Neptunusz) fia.

A Triton legfontosabb adatai:

Fél-nagy tengelye: 354.760 km (a Neptunusz középpontjától számítva)
Átmérője: 2700 km
Tömege: $2,14 \cdot 10^{22}$ kg

A Tritont csak a Voyager-2 űrszonda látogatta meg 1989-ben. Szinte minden információnk ezen látogatásból származik. A Triton keringése retrográd, mely a Jupiter külső holdjaihoz hason-

lón befogásos eredetet sejtet. Eddigi ismeretek szerint a Triton jelenlegi helyén, valamint összetételében nem kondenzálódhatott ki a szoláris ősködből. Valószínű tehát, hogy az Edgeworth-Kuiper övből származik, és később a Neptunusz befogta. A retrográd keringés, valamint az árapály-kölcsönhatás miatt a Triton energiát veszít, csökken a Neptunuszhoz viszonyított távolsága. Ez a távoli jövőben eredményezheti azt is, hogy a Triton becsapódik a Neptunuszba, vagy pedig szétesik, és egy újabb gyűrűt alkot a Neptunusz körül.

A Triton pályájának szokatlan volta, valamint a Plútóéhoz hasonló anyagi összetétele azt sugallja, hogy a Plútó és a Triton között valamiféle kapcsolat van. Elképzelhető, hogy mindkét égitest az Edgeworth-Kuiper övezetben alakult ki, és innen sodródott be a Neptunusz pályáján belülré.

A Triton forgástengelye a Neptunusz forgástengelyével 157 fokos szöget zár be. A Triton váltokozva hol a sarki, hol az egyenlítői vidékeit mutatja a Nap felé, amely erőteljes klimatikus változásokat eredményez a Tritonon.

A Voyager űrszonda mérései szerint a Tritonnak igen ritka légköre van, a felszíni nyomás mindössze 0,01 millibar, és legnagyobb részben nitrogénből áll. A felszíni hőmérséklet -235°C fok, így ott a metán, a nitrogén, valamint szén-dioxid szilárd halmazállapotú. A hold felszíne fiatal, mindössze néhány becsapódási kráter látható rajta. A felszín érdekes völgyekből, nyergekből álló struktúrákat mutat, mely valószínűleg a holdat borító anyag sorozatos olvadásából, majd újrafagyásából alakult ki. A felszín legérdekesebb jellemzői a jégvulkánok. A kitörések nyomán folyékony nitrogén, por és metán jut a felszínre. A Voyager űrszonda egyik felvételén a kitörési felhő 8 km-re emelkedett a felszín fölé, majd 140 km átmérőjű területen terjedt szét. Megjegyezzük, hogy a Naprendszerben aktív vulkanizmus csak a Földön, a Vénuszon, az Io-n, valamint a Tritonon létezik.



A Triton a Voyager-2 űrszonda felvételén.

A Jupiter holdjai

A Jupiternek 63 ismert holdja van (2004. februári adat); ezek között a legjelentősebbek a Galilei-féle holdak, és ezeken kívül még 34 kisebb holdnak van neve. A többi - egyelőre névtelen - holdat csak a közelmúltban fedezték fel. A Jupiter névvel ellátott holdjait jobbra Zeus kedveseiről nevezték el.

A Galilei-féle holdak

A Jupiter tengelykörüli forgása a Galilei-féle holdak által keltett árapálysúrlódás következtében fokozatosan lassul. Emiatt alakulhatott ki az a jelenség, hogy Io, az Europa és a Ganymedes 1:2:4 arányú középmozgás rezonanciában áll egymással. A Callisto hold ennek a hármas rezonanciának pár száz millió év múlva szintén részese lesz, keringési ideje a Ganymedes keringési idejének kétszeresére, az Io keringési idejének pedig nyolcszorosára válik!

A Galilei holdak felszínét először a Voyager szondák fényképezték le. Kiderült, hogy az Io igen erős vulkanikus aktivitást mutat, felszínén változatos struktúrák (kalderák, hegyek, olvadt ként tartalmazó tavak) találhatók. Az Io vulkanizmusát a Jupiter és a többi Galilei-féle hold által, a hold belsejében keltett árapálysúrlódás keltette hő okozza. Az Io elsődlegesen kőzetekből áll, így anyagát tekintve, hasonlít a Föld-típusú bolygókhoz.

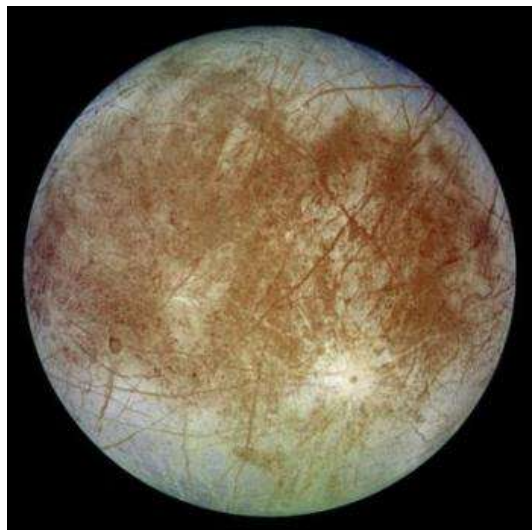
Az Europa holdat vastag, igen sima jégpáncél borítja, melyet repedések tarkítanak. A felszín igen fiatal, csak néhány becsapódási kráter figyelhető meg rajta. Igen valószínű, hogy a jégréteg

A nagybolygók holdjai

alatt folyékony óceán található, melyet szintén az árapály-jelenség által generált hő tart folyékony állapotban. A Galileo előzetes eredményei szerint az Európának réteges belső szerkezete van, egy kis fém maggal. Így felépítésében és anyagi összetételében hasonlít a Föld-típusú bolygókhoz.



Az Io hold a Galileo űrszonda felvételén.



Az Europa a Galileo űrszonda felvételén.

A Ganymedes a Naprendszer legnagyobb holdja. Átmérője nagyobb, de tömege csak fele a Merkúrénak. A Galileo űrszonda adatai szerint a Ganymedes belsejében három réteget lehet megkülönböztetni: legbelül egy kisméretű, olvadt vasmag van, ezt egy szilikátokból álló közet körpeny veszi körül, és kívül egy jégből álló burok fedi a holdat. A hold felszínén sötét, kráterekkel borított, valamint kissé fiatalabb, világos, tektonikus aktivitásra utaló területek váltakoznak. A Holddal ellentétben a kráterek laposabbak, nincsenek pl. gyűrűs hegyek. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a Ganymedes kérge jégből áll, mely igen hosszú időskálán nézve folyékonynak tekinthető.



A Ganymedes a Voyager-2 felvételén.



A Callisto a Voyager-2 felvételén.

A Callisto felépítése a Ganymedes-szel ellentétben nincs strukturált belseje. A Galileo szonda adatai szerint a Callisto anyaga 40%-ban jeget, 60%-ban közetet, illetve vasat tartalmaz. A hold közép-pontja felé közeledve a közet részaránya nő. A Titán és a Triton belső felépítése valószínűleg hasonló a Callisto felépítéséhez. A hold felszíne igen idős, nagyrészt kráterek borítják. A Naprendszerben a Callistonak van a legöregebb felszíne, mely az elmúlt 4 milliárd év alatt csak igen keveset változott.