



Az óriásbolygók

A Naprendszer óriásbolygói

- Jupiter ♃
- Szaturnusz ♄
- Uránusz ♅
- Neptunusz ♆



- **nincs szilárd felszín**: a bolygó testének anyaga fokozatosan megy át a légkörbe
- elsődleges atmoszféra: magával a bolygóval együtt jött létre (annak összefüggő része)
- sok holdjuk van (nagy méret + kis testekben gazdag régiók) → „mini-naprendszerek”
- (Naprendszeren kívüliek: folytonos átmenet az ún. barna törpékbe)

Az óriásbolygók és óriásholdjaik adatai

	Fél nagytengely [$Cs_E/d_{\oplus-C}$]	Keringési periódus	Excentricitás	Pályahajlás (inklináció) [°]	Sugár [R_{\oplus}/R_C] (nim. – max.)	Lapultság	Tömeg [M_{\oplus}/M_C]	Átlagos sűrűség [g/cm ³]	Forgási periódus [nap]	Tengely- ferdeség [°]	Ismert holdak száma
Jupiter	5,20	11,86 év	0,048	1,31	10,5-11,2	0,065	317,9	1,33	0,41	3,13	79
Szaturnusz	9,58	29,46 év	0,054	2,48	8,6-9,4	0,098	95,16	0,69	0,45	26,73	62
Uránusz	19,2	84,07 év	0,047	0,77	3,9-4,0	0,023	14,54	1,32	-0,72	97,77	27
Neptunusz	30,1	164,9 év	0,009	1,77	3,8-3,9	0,017	17,15	1,64	0,67	28,32	14
Io	1,1	1,77 nap	0,004	0,05*	1,05	-	1,2	3,53	1,77	0	*Anyabolygó egyenlítőjéhez képest
Europa	1,75	3,55 nap	0,009	0,47*	0,9	-	0,65	3,01	3,55	0,1	
Ganymedes	2,8	7,15 nap	0,001	0,20*	1,5	-	2,0	1,94	7,15	0	
Callisto	4,9	16,7 nap	0,007	0,20*	1,4	-	1,5	1,83	16,7	0	
Titan	3,2	15,9 nap	0,029	0,35*	1,48	-	1,8	1,88	15,9	0	
Triton	0,9	-5,88 nap	~0	157*	0,8	-	0,3	1,06	-5,88	0	

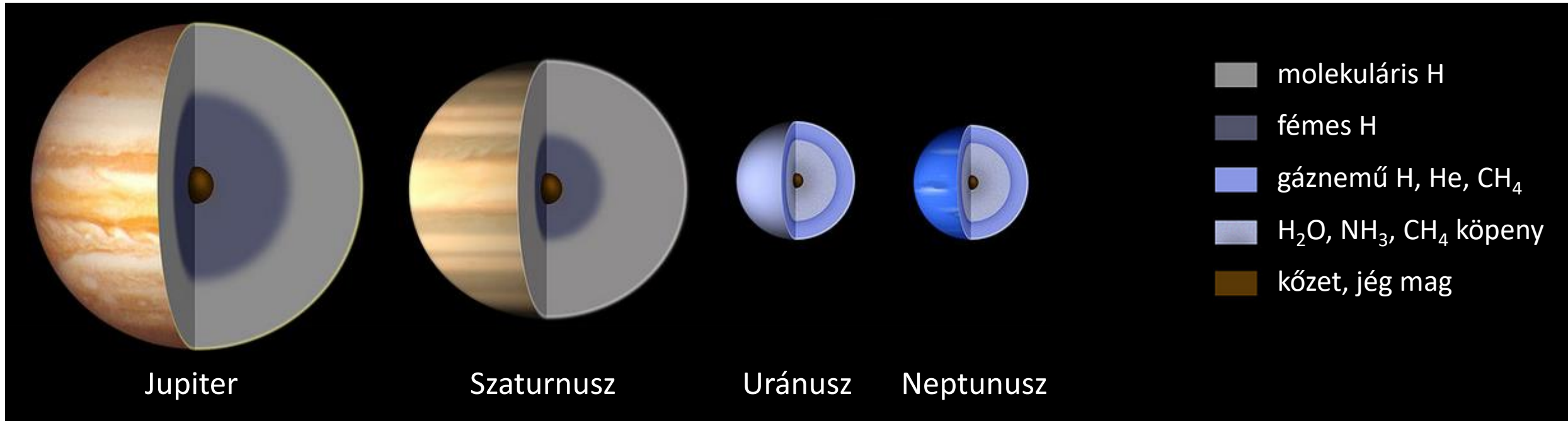
*Anyabolygó
egyenlítőjéhez képest

Az óriásbolygók típusai* a Naprendszerben

- **Gázóriások:** Jupiter, Szaturnusz
 - anyaguk túlnyomórészt H és He
 - a „gáz-” előtag félrevezető: zömében inkább folyékony (nagy nyomás)
 - („gáz”: ami a földfelszíni nyomáson, a bolygó felszíni hőmérsékletén gáz lenne)
 - mindig is ismertek voltak: szabad szemmel jól láthatók
- **Jégóriások (vagy vízbolygók):** Uránusz, Neptunusz
 - anyaguk főleg H_2O , NH_3 , CH_4
 - a „jég-” előtag félrevezető: itt is inkább folyékony
 - („jég”: ami a földfelszíni nyomáson, a bolygó felszíni hőmérsékletén jég lenne)
 - a modern korban fedezték fel őket (1781, 1846)

* Nem minden csillagász ismeri el v. tartja fontosnak ezt a különbségtételt

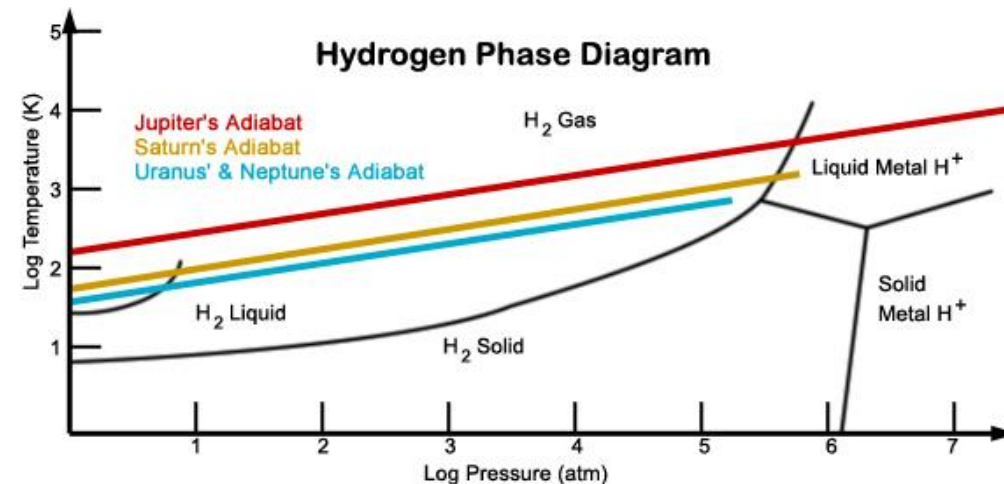
Az óriásbolygók felépítése



Hidrosztatikai egyensúly (nyomás = gravitáció)

→ adott anyagból álló gömbök szerkezete kiszámítható

- molekuláris H jórészt folyadékká nyomódik össze
- fémes H: az atomok „bedobják a közösbe” az elektronokat
 - ez is folyékony: túl magas a hőmérséklet, hogy szilárd legyen



Az óriásbolygók magnetoszférája

Gázóriások:
folyékony, fémes H-ben áramlások
⇒ **dinamó**

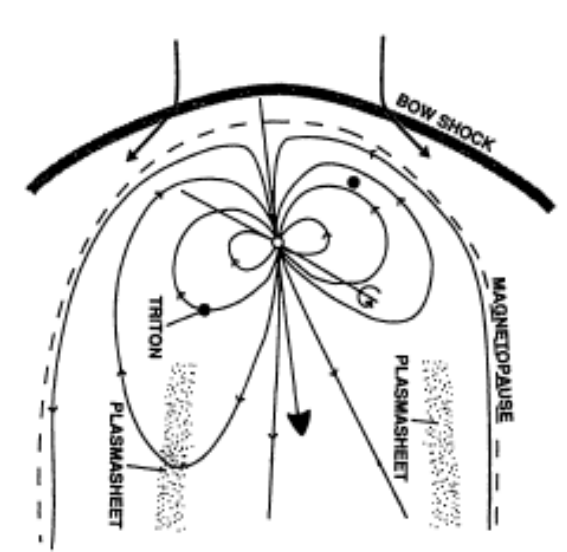
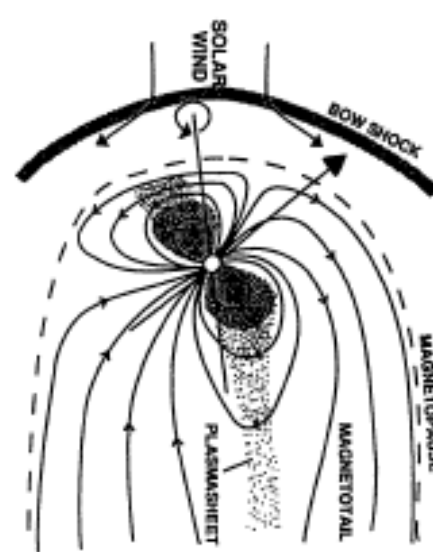
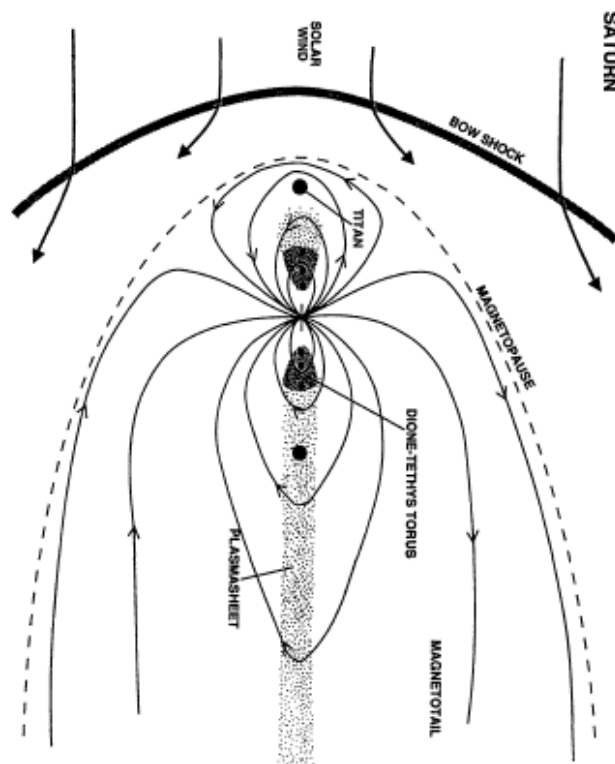
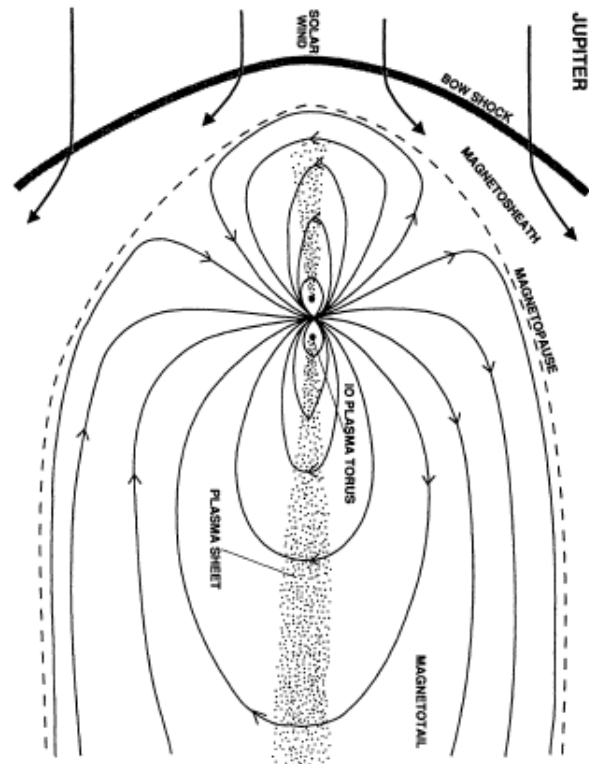
$$B_{\text{J}} = 14 \cdot B_{\oplus}$$

$$B_{\text{S}} \approx B_{\oplus}$$

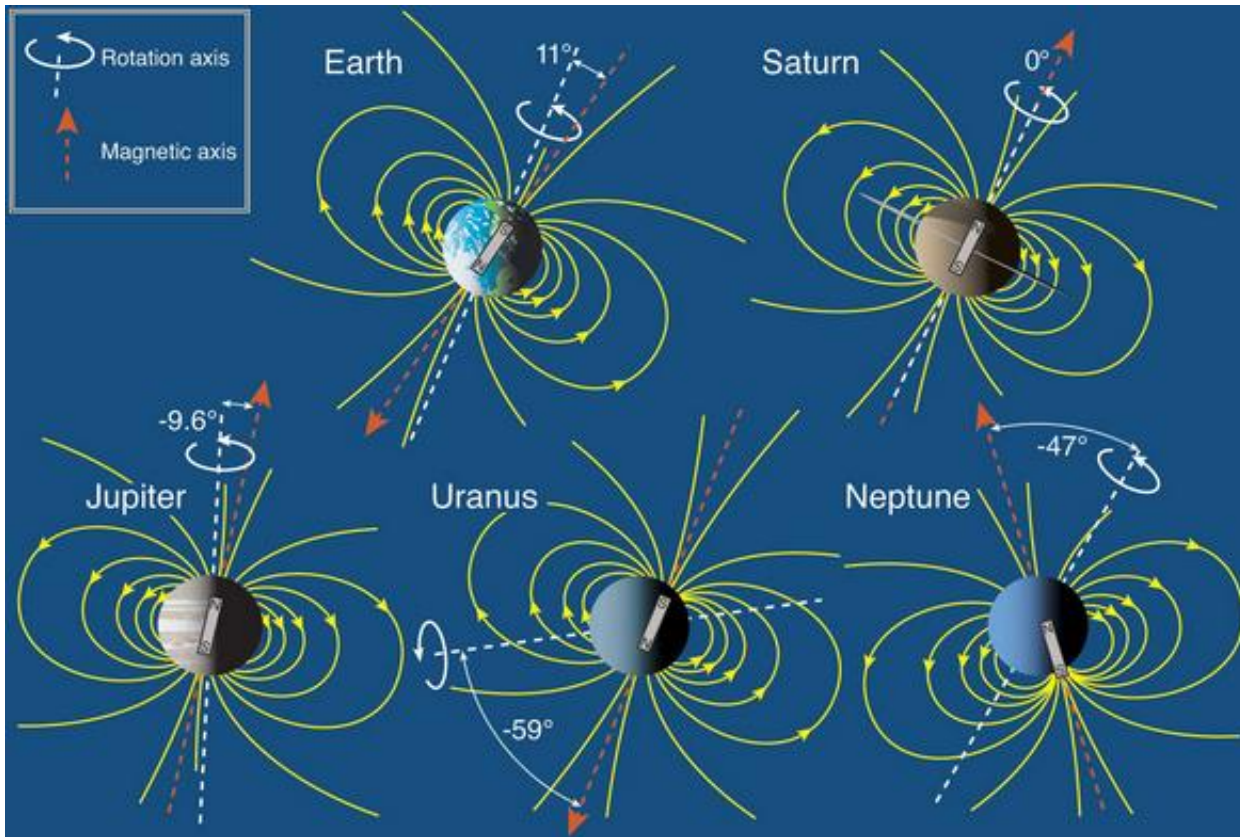
Jégóriások:
iondús vízköpenyben áramlások
⇒ **dinamó**

$$B_{\text{U}} \approx (0,1 \rightarrow 4) \cdot B_{\oplus}$$

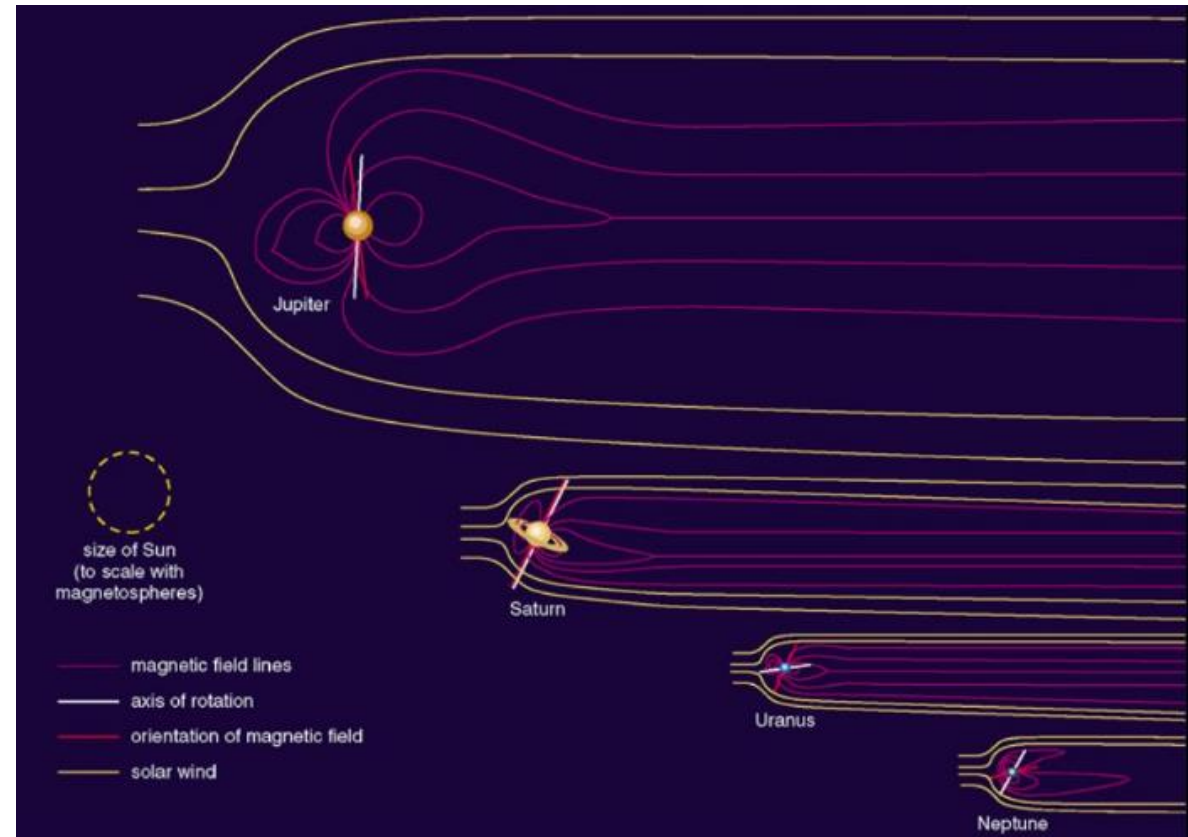
$$B_{\text{T}} \approx B_{\text{U}}$$



- mágneses tengely erősen dőlt a forgástengelyhez képest
 - a tér középpontja jelentősen eltér a bolygóétól
- ⇒ a jégóriások mágneses tere aszimmetrikus



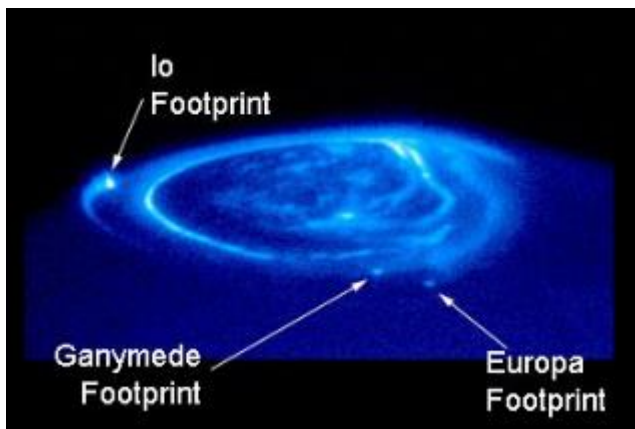
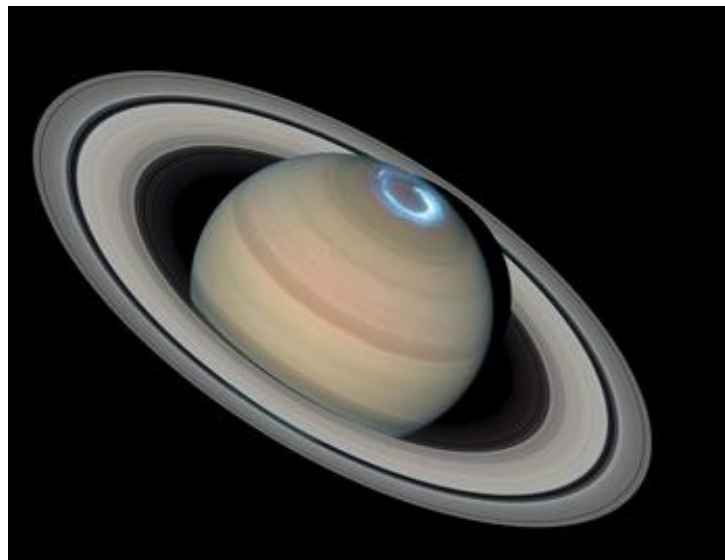
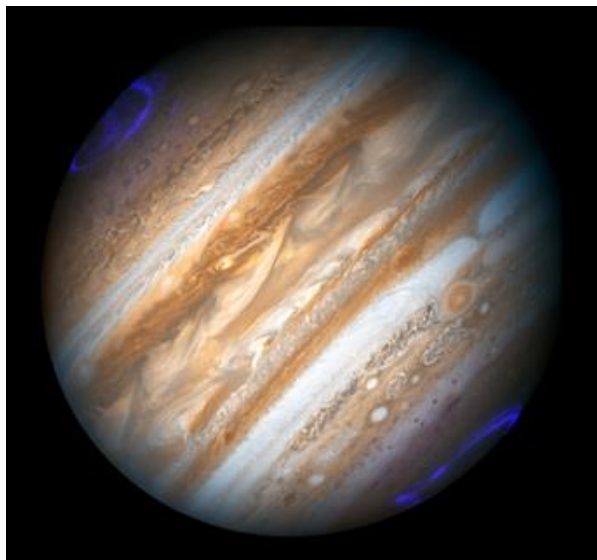
A bolygók mágneses tereinek iránya



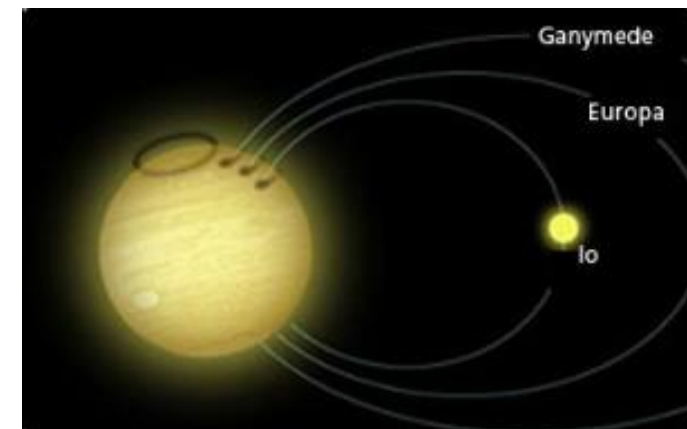
Az óriásbolygók magnetoszféráinak relatív nagysága

Sarki fény (aurora) az óriásbolygókon

A magnetoszféra által becsatornázott napszél a gerjeszti a légkört a mágneses pólusok körül:



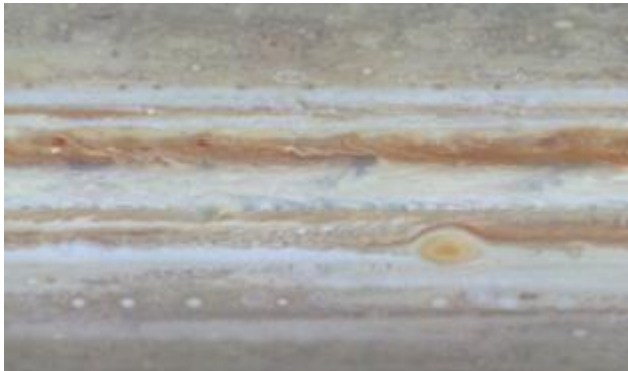
Érdekesség: hold-bolygó fluxuscsövek alakulnak ki (Jupiter – Galilei-holdak vagy Szaturnusz – Enceladus)
⇒ láthatók a holdak „lábnyomai”



Az óriásbolygók légköre

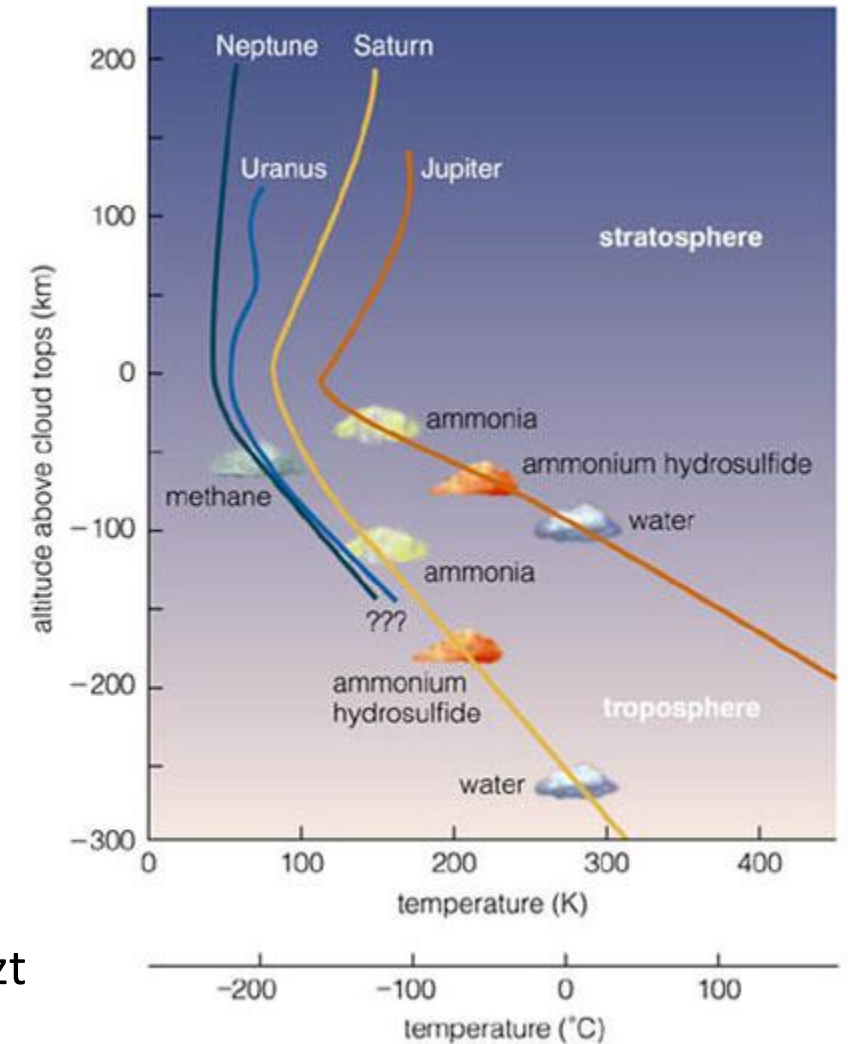
- Összetétel: H_2 (>95%), He (<5%), egyebek
- Felhők
 - gázóriások: felül NH_3 , alatta NH_4SH , legalul (valószínűleg) H_2O

Jupiter: az NH_3 sávok világosak, konvektív feláramlások, az NH_4SH sávok sötétek, konvektív leáramlások

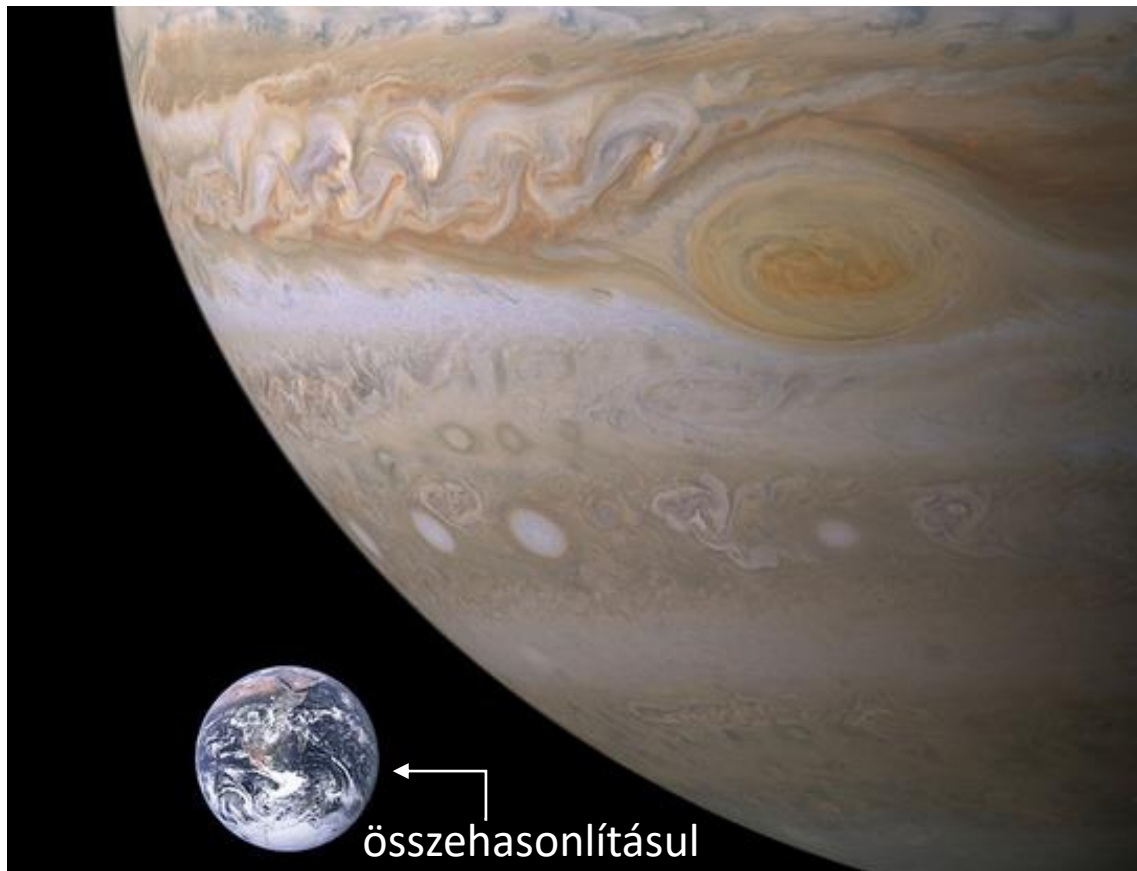


Szturnusz: hidegebb → összefüggő NH_3 fátyol → kisebb kontraszt

- jégóriások: CH_4 felhők (kevésbé díszesek)

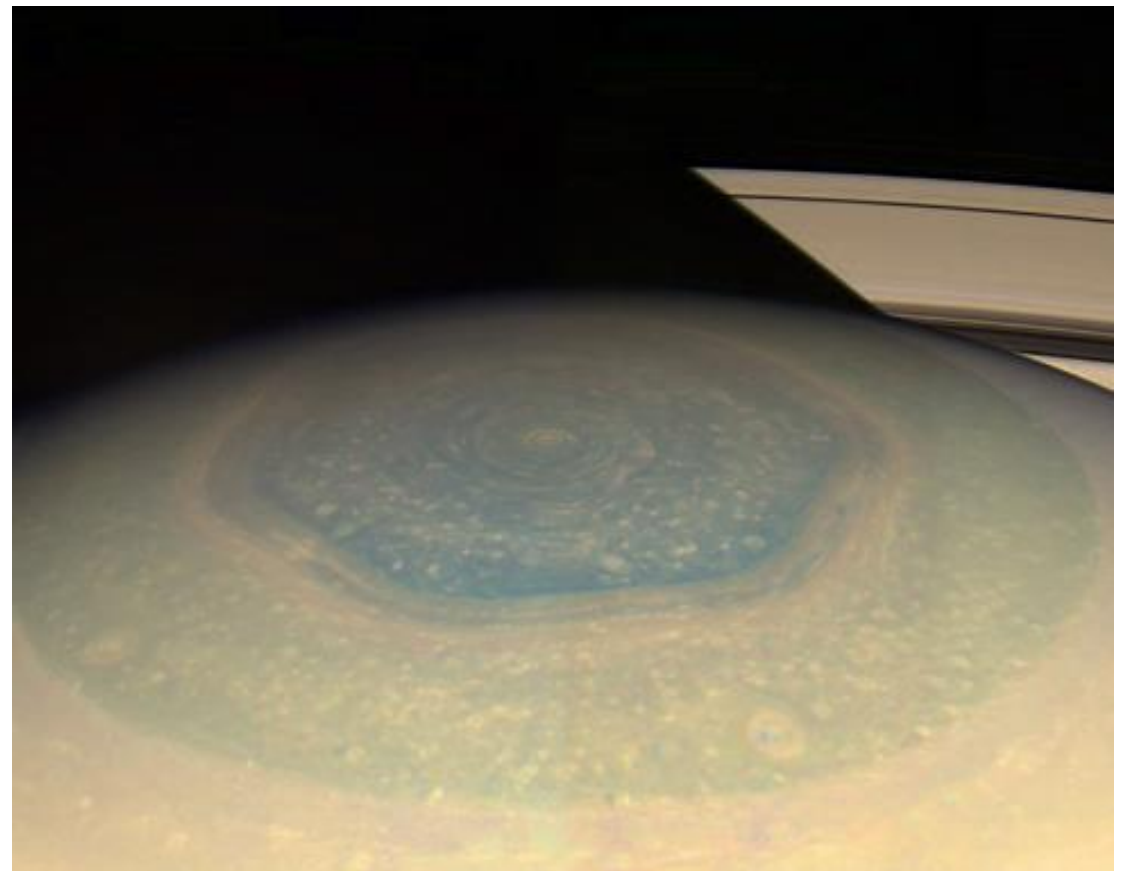


(Megjegyzés: a környezethez képest hűtöbblettel rendelkeznek (kivéve: Uránusz) – kialakulási hő, súrlódás)



Ciklonok, anticiklonok:

- differenciális rotáció: különböző sávok különböző sebességgel rotálnak (max. széleb.: J: 540, Sz: 1800, N: >2000 km/h)
→ a zónahatárokon turbulenciák alakulnak ki
- Jupiter, Nagy Vörös Folt: több száz éve stabil

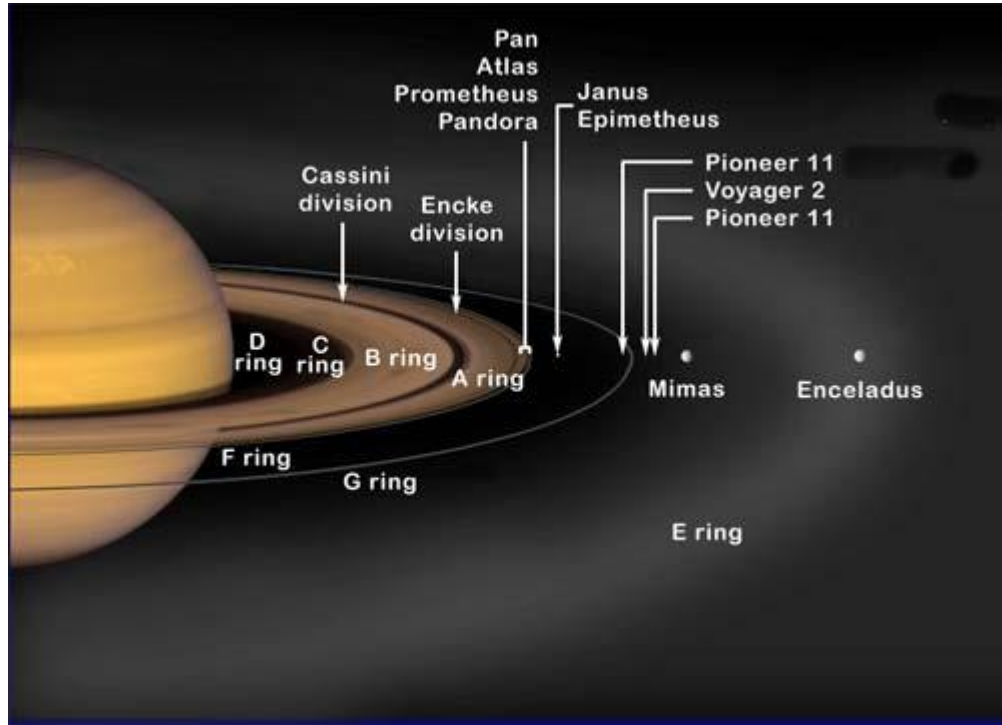


Szturnusz hatszögletű struktúrája:

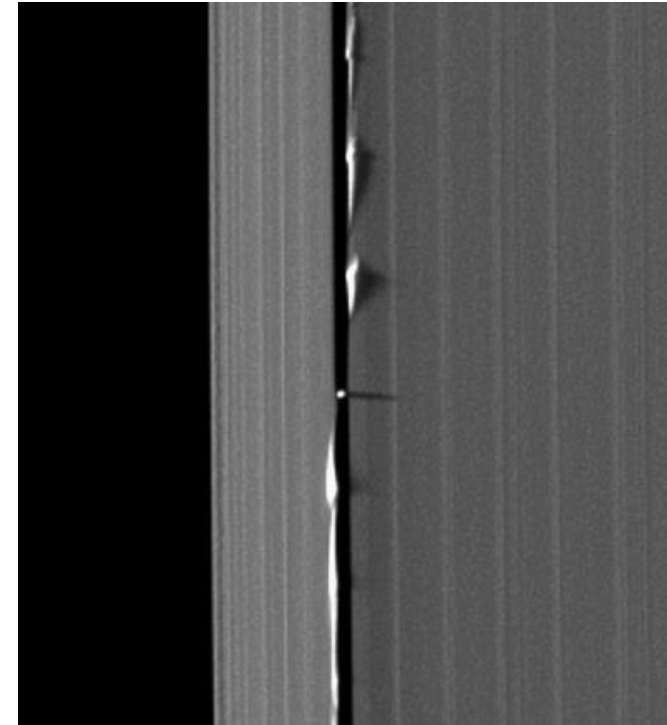
- É-i pólusnál
- ebbe is bőven beleférne a Föld
- a magyarázata még nem teljesen tiszta: feltehetőleg szélnyírás okozza (megfelelő mértékű sebesség-különbség)



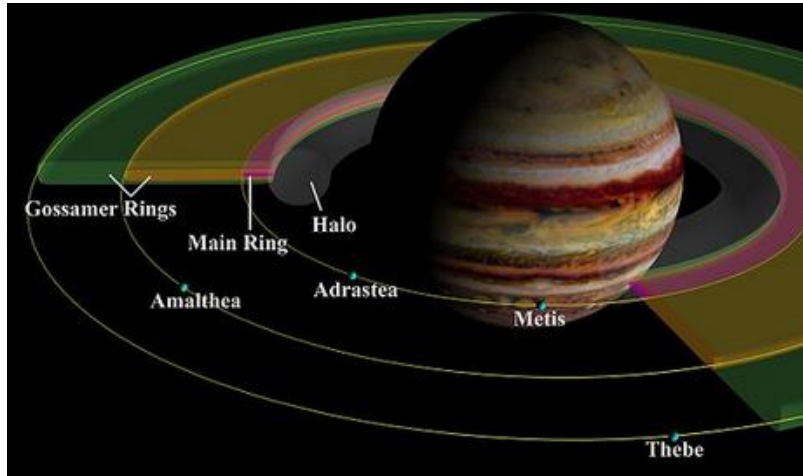
A Szaturnusz gyűrűi



- vastagsága pár tucat m, szélessége több százezer km
- $\mu\text{m} \rightarrow \text{m}$ nagyságú vízjégdarabok
- össztömege kb. kisebb holdé
- széttört jéghold maradványai
- fiatal képződmény? ($\sim 10^8$ év) (lásd: még fényes, nem poros)
- osztások: rezonanciák a holdakkal
- kisebb holdak réseket vágnak és hullámokat keltenek (pl. Daphnis)

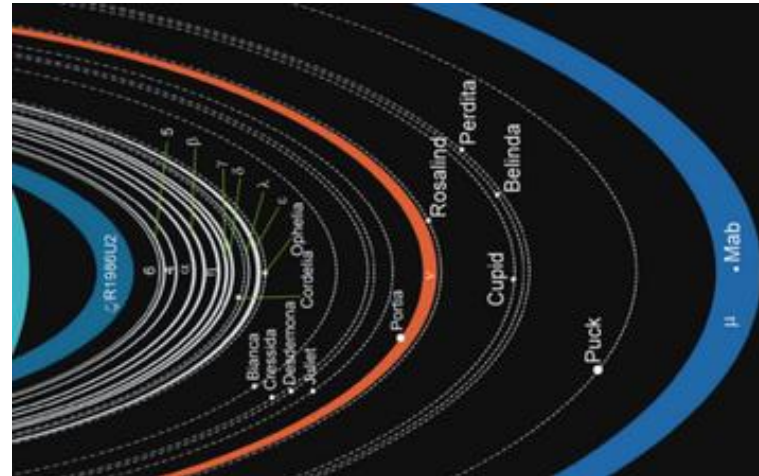


A többi óriásbolygó gyűrűi



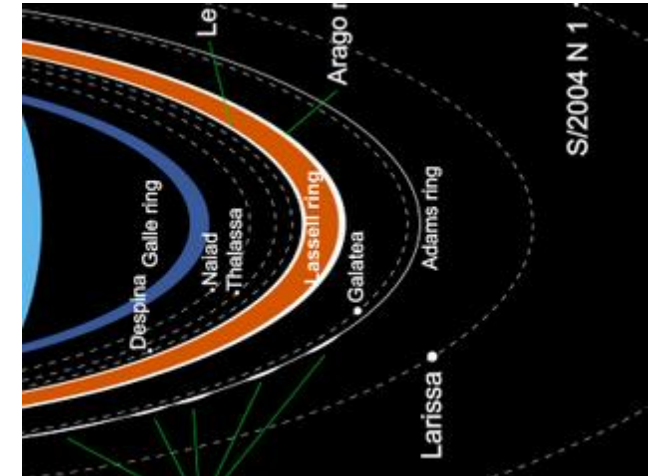
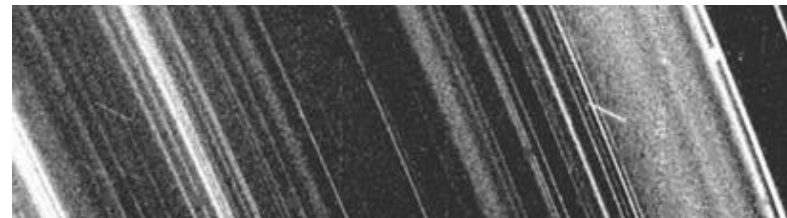
Jupiter:

- 4 ismert gyűrű
- halványak, főleg porból állnak
- holdak anyagából: főleg becsapódásokból kiszóródó



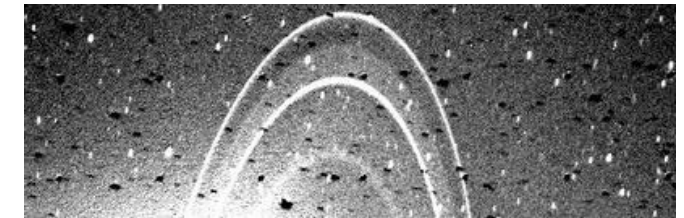
Uránusz:

- 13 ismert gyűrű
- halványak, főleg régi, koszos jégből, nagy darabok (~10 m)
- feltehetőleg elpusztult holdakból







Neptunusz:

- 5 + 1 ismert gyűrű
- halványak, szerves molekulákkal fedett poros testekből + porból
- feltehetőleg elpusztult holdakból



Az óriásbolygók (ismert) holdjai

						Összehasonlítás
Óriásholdak ($D > 2500$)*	4000-6000	Ganymedes Callisto	Titan			Merkúr
	3000-4000	Io Europa				Hold
	2000-3000				Triton	Pluto, Eris
Törpeholdak ($1000 < D < 1600$)**			Rhea Iapetus Dione Tethys	Titania Oberon Ariel Umbriel		Makemake, Haumea, Charon
Kisholdak ($1 < D < 1000$ ***)		75	57	23	13	Ceres ... (kisbolygó, üstökös)
Összesen		79	62	27	14	
Nevezéktan		Zeusz/Jupiter szeretői, feleségei, lányai	titánok, óriások	Shakespeare és Alexander Pope szereplők	tengeri, vízi istenségek	* Minden méret km-ben értendő

** Nagy ugrás: a legkisebb óriáshold (Triton) tömege nagyobb, mint az összes nála kisebb hold össztömege

*** Nagy az ugrás: a legkisebb törpehold (Tethys) tömege nagyobb, mint az összes nála kisebb hold össztömege

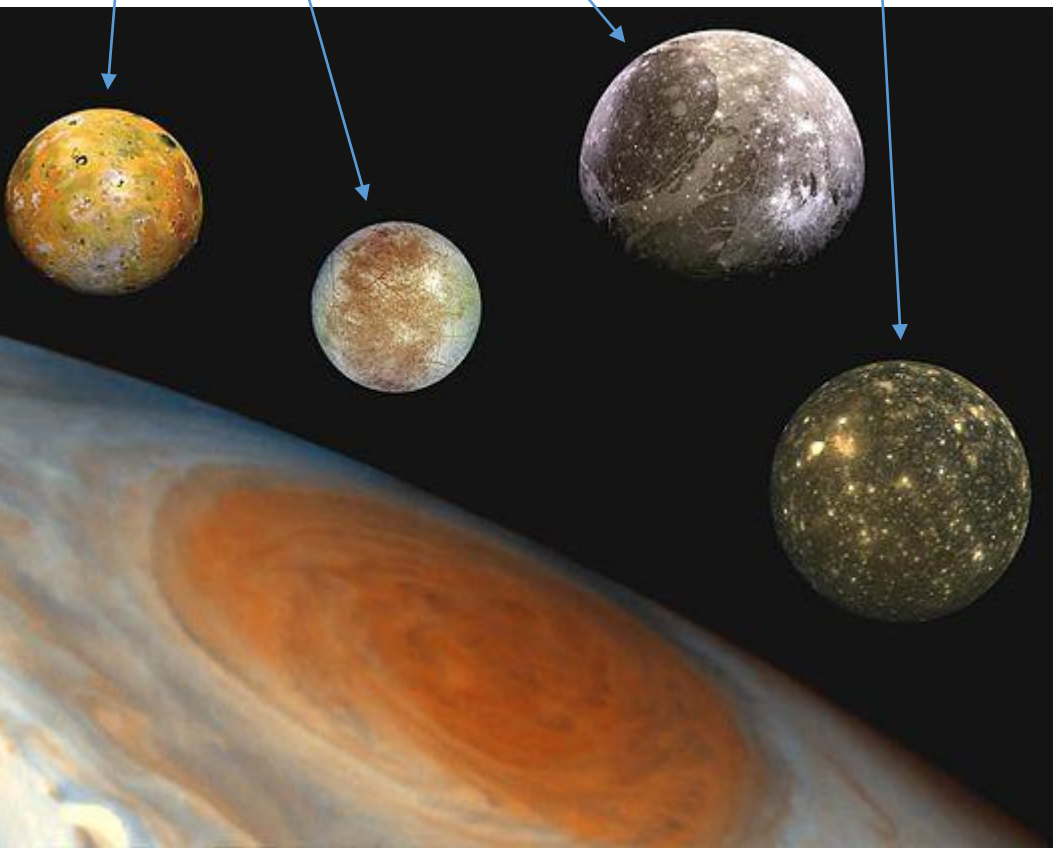
A Naprendszer holdjainak felfedezése

	1601-1650	1651-1700	1701-1750	1751-1800	1801-1850	1851-1900	1901-1950	1951-1999	+ 2000-2018: még további 131
Mars						Phobos (1877) Deimos (1877)			
Jupiter	Io (1610) Europa (1610) Ganymedes (1610) Callisto (1610)					Amalthea (1892)	Himalia (1904) Elara (1905) Pasiphae (1908) Sinope (1914) Lysithea (1938) Carme (1938)	Ananke (1951) Leda (1974) Themisto (1975) Metis (1979) Adrastea (1979) Thebe (1979)	
Szaturnusz		Titan (1655) Iapetus (1671) Rhea (1672) Tethys (1684) Dione (1684)		Mimas (1789) Enceladus (1789)	Hyperion (1848)	Phoebe (1899)		Janus (1966) Epimetheus (1977) Atlas (1980) Prometheus (1980) Pandora (1980)	Telesto (1980) Calypso (1980) Helene (1980) Pan (1990)
Uránusz				Titania (1787) Oberon (1787)		Ariel (1851) Umbriel (1851)	Miranda (1948)	Puck (1985) Cordelia (1986) Ophelia (1986) Bianca (1986) Cressida (1986) Desdemona (1986) Juliet (1986) Portia (1986)	Rosalind (1986) Belinda (1986) Caliban (1997) Sycorax (1997) Perdita (1999) Stephano (1999) Prospero (1999) Setebos (1999)
Neptunusz					Triton (1846)		Nereid (1949)	Larissa (1981) Naiad (1989) Thalassa (1989)	Despina (1989) Galatea (1989) Proteus (1989)

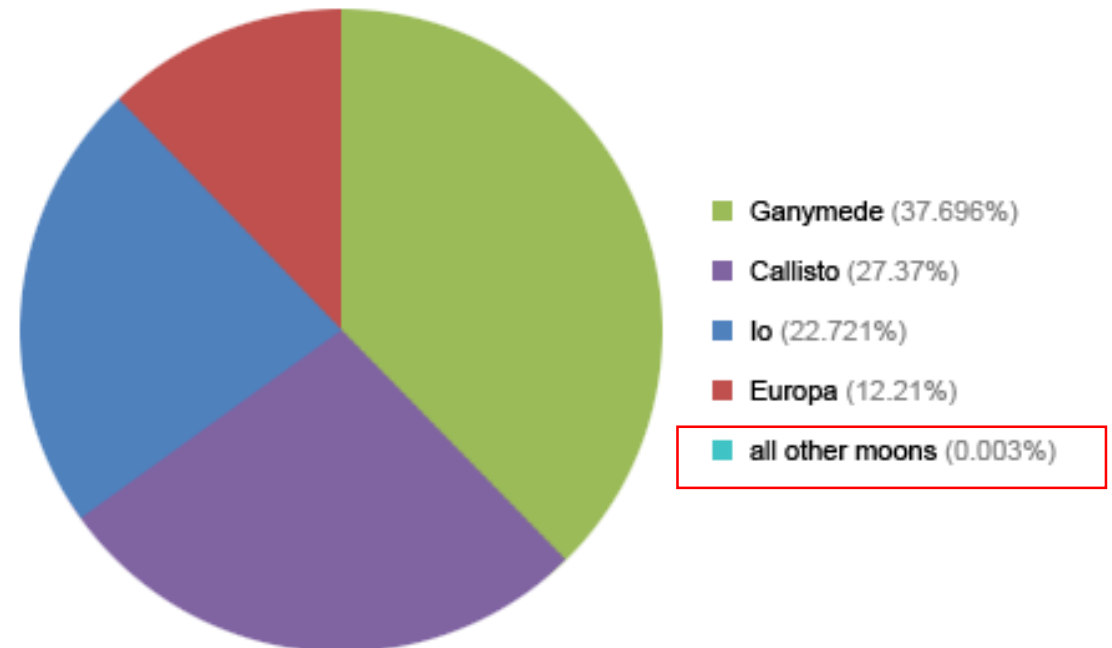
A Galilei-holdak

- 1610, Galileo Galilei és Simon Marius
- ~Hold-méretű közetholdak
- ~Merkúr-méretű jégholdak

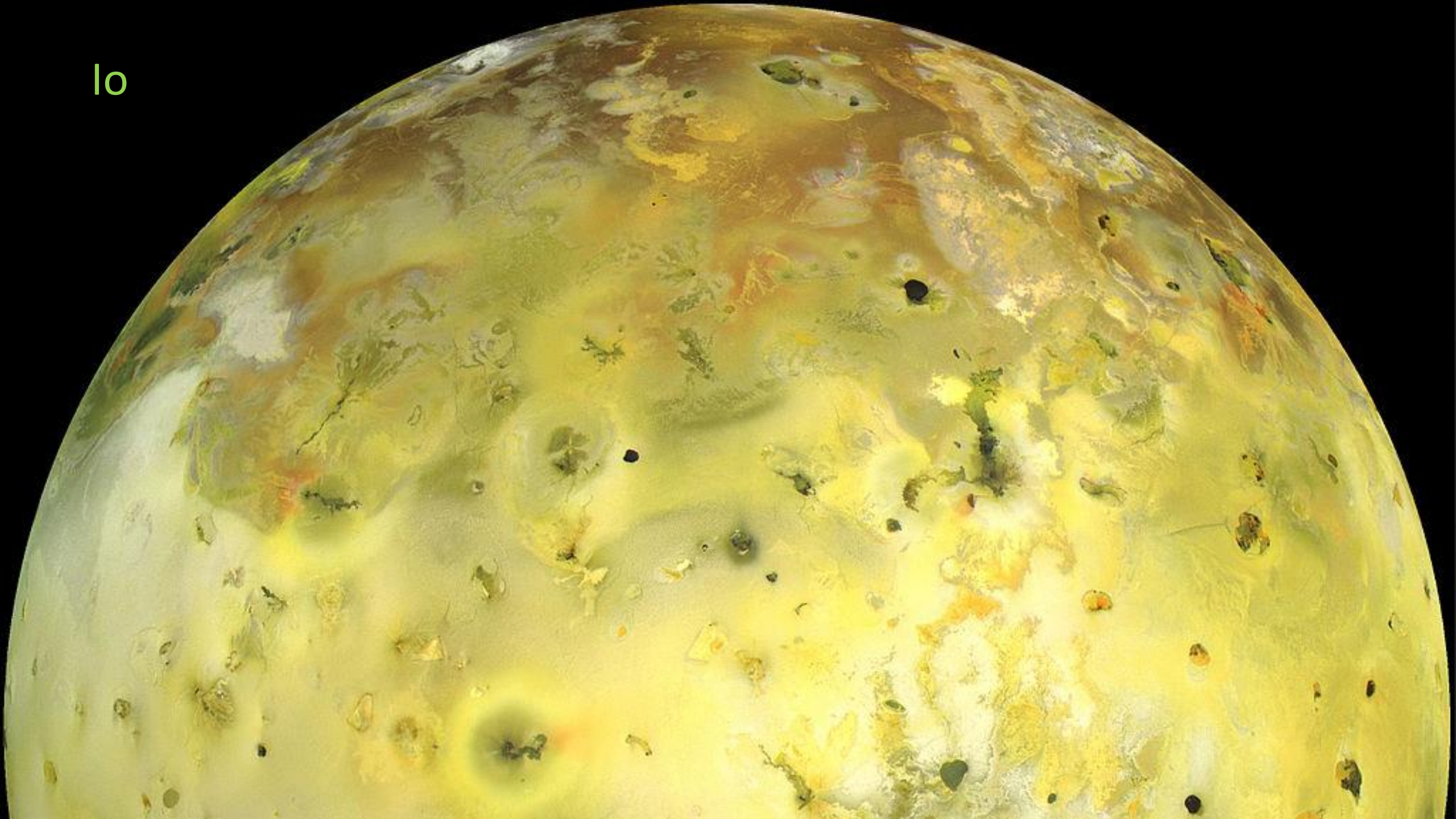
- Io, Europa, Ganymedes, Callisto



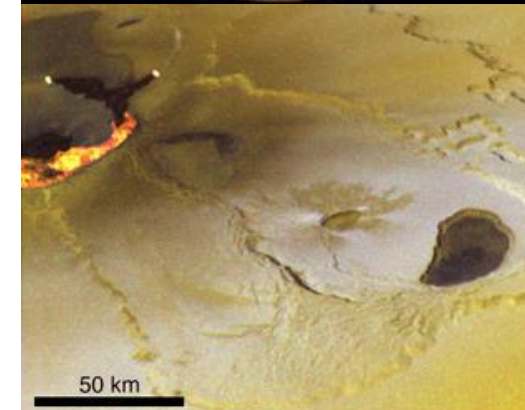
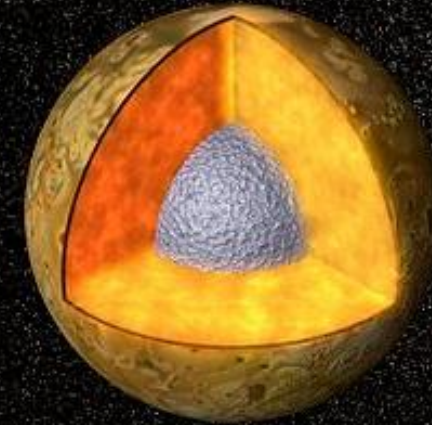
- belsőbb kettő aktívabb: erős árapály-hatás
- keringési (Laplace-) rezonanciák:
a G 1 keringése 2 E-keringésnek és 4 I-keringésnek felel meg
- a Jupiter körül keringő anyag G-holdakon kívüli része egészen elenyésző:

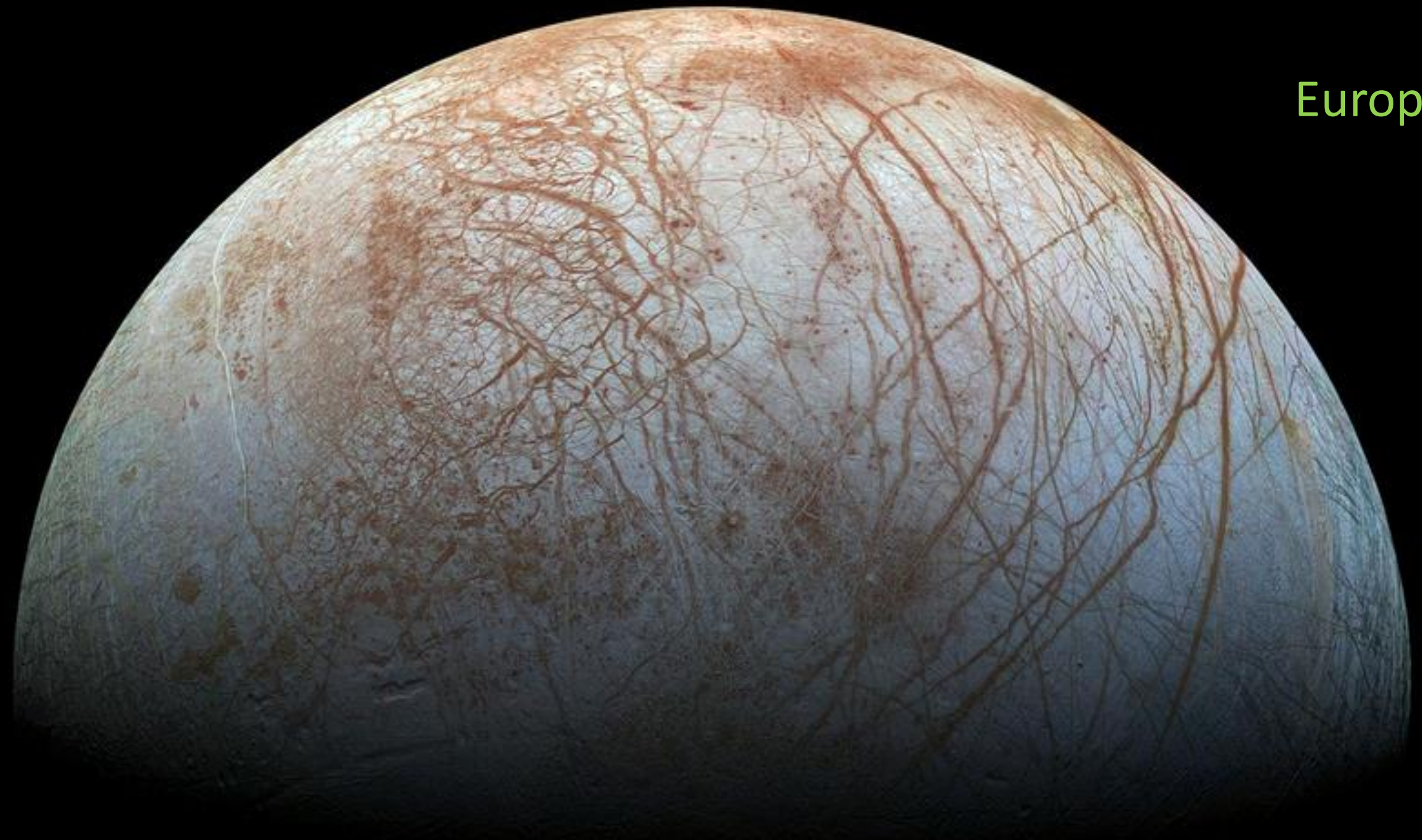


Io



- **Összetétel:**
 - kéreg: kénben gazdag szilikát (megszilárdult láva) → sárga
 - köpeny: olvadt szilikátok (árapály-hatás)
 - vasmag (vszeg több száz km)
 - (a N.r. vízben legszegényebb nagyobb égitestje)
- **Felszín:**
 - főleg vulkáni síkság, 100 körüli felgyűrődött, magas hegy
 - helyenként SO₂ hó
 - évente közel 1 mm hamulerakódás
- **Vulkánosság**
 - a Naprendszer legaktívabb égitestje: 400 feletti aktív vulkán
 - vannak időnként kitörő, nagy vulkánok, folyamatosan kitörő kisebb vulkánok, állandóan füstölgő repedések, olvadt kéntavak...
 - az árapály-fűtést az excentrikus pálya biztosítja, az excentricitást a holdak pályarezonanciái tartják fenn (a Jupiter a körpálya irányába hat)
- **Hatás:** elektromos generátorként erősíti a Jupiter magnetoszféráját (duplájára)





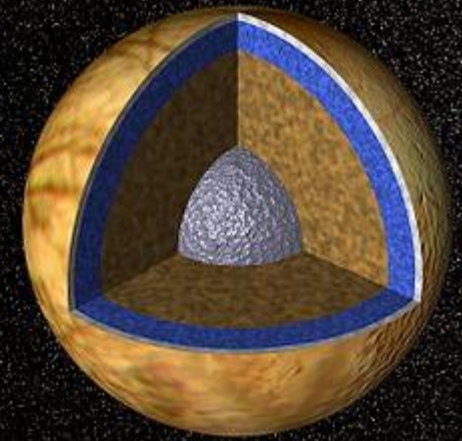
Europa

- **Összetétel:**

- ~100 km vastag víz-kéreg: felül jég, alatta folyékony (oka: árapály-fűtés)
 - több víz, mint a Földön
- szilikát köpeny (a felszínéről sókat old a víz)
- vas (és nikkel?) mag
- ritka O₂ légkör

- **Felszín:**

- a legsimább a Naprendszerben: kráterek alig, nincsenek hegyek, stb.
 - fiatal: a feltörő víz időnként elegyengeti
- vonal (linea)-hálózatok: repedések, tektonikára utalnak
- időnként gejzírek, feltörő vízgőz-oszlopok



Ganymedes



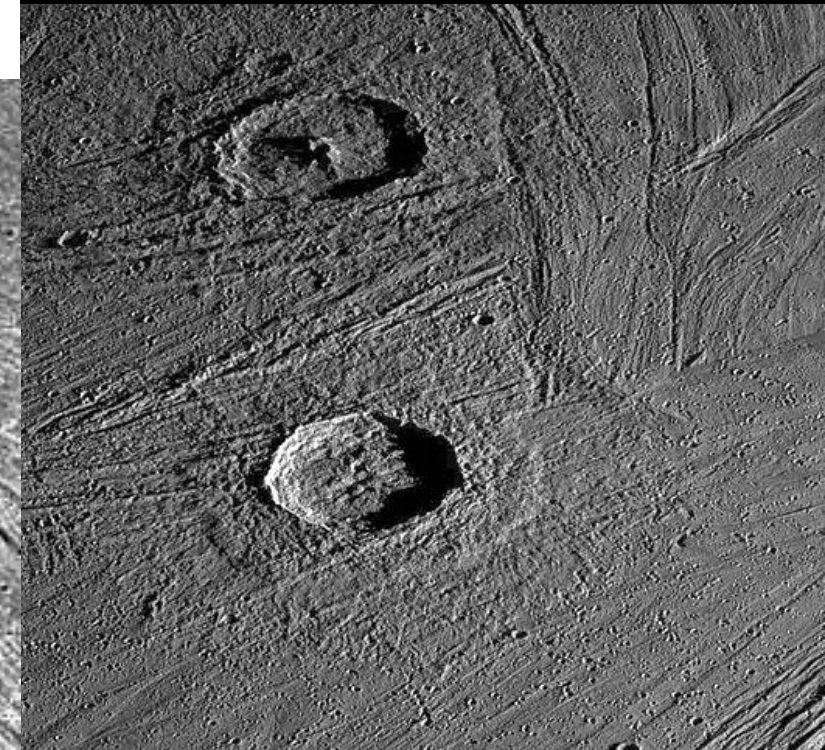
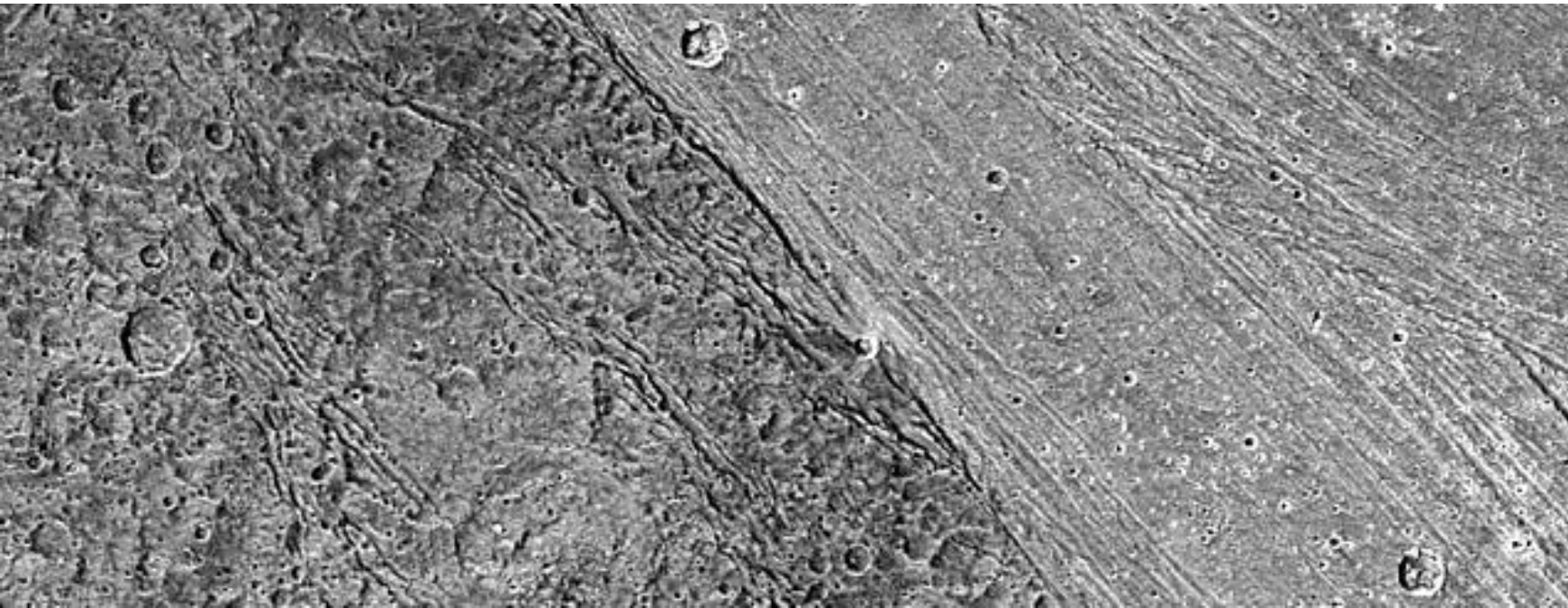
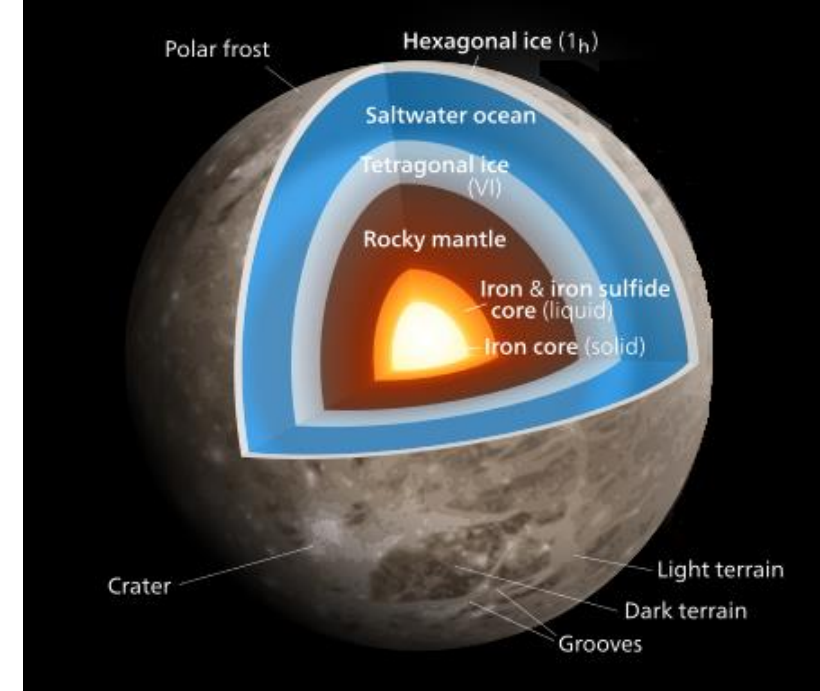
- Összetétel:

- szilikát kőzet és vízjég kb. fele-fele arányban
- vasban gazdag folyékony mag
- felszín alatti vízóceán

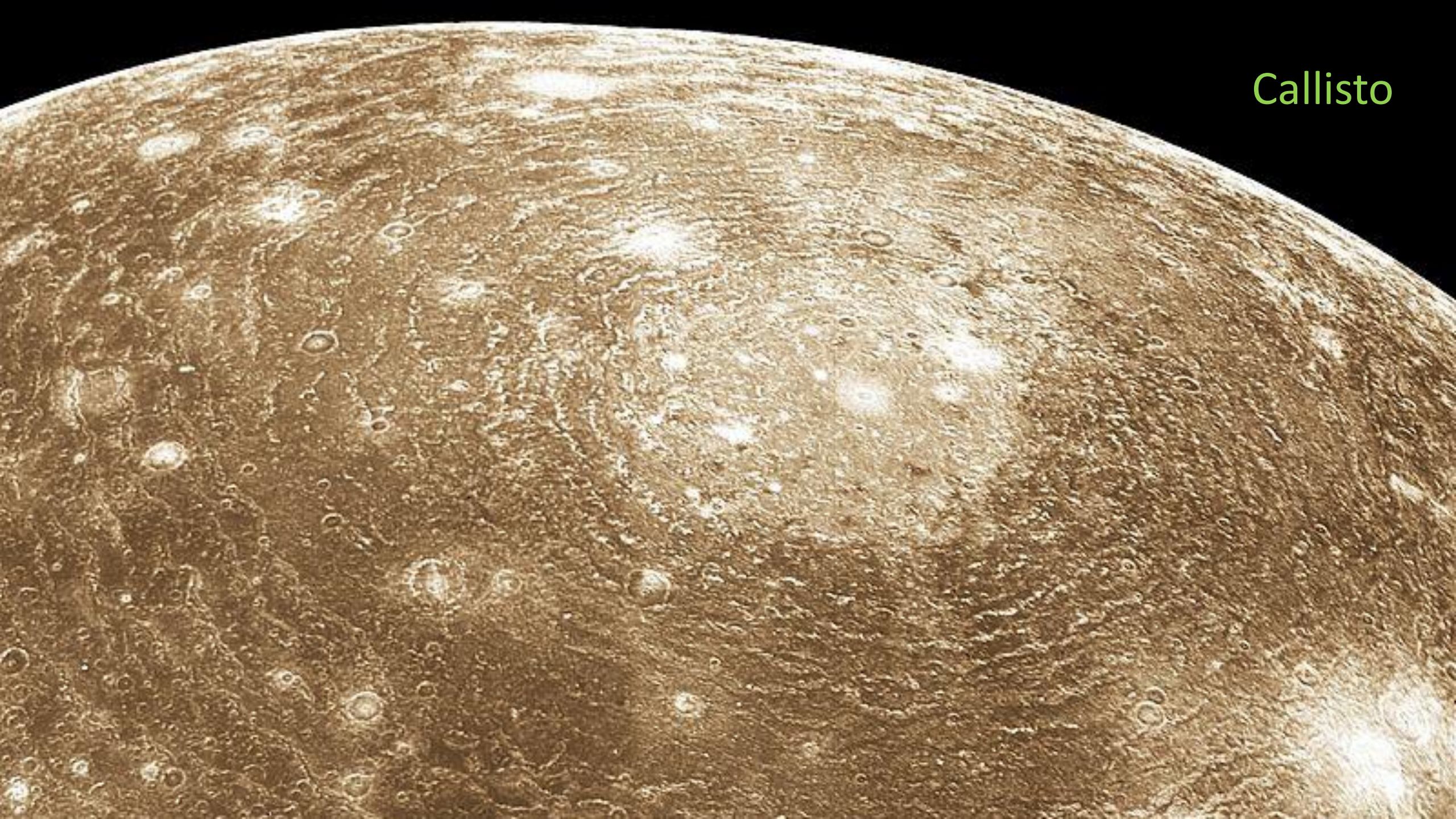
- Felszín:

- többnyire vízjég
- sötét, kráterezett területek + világos, barázdált területek (mind ősi)

- Saját mágneses tér (holdak közül kb. egyedül, Merkúrénál erősebb)



Callisto

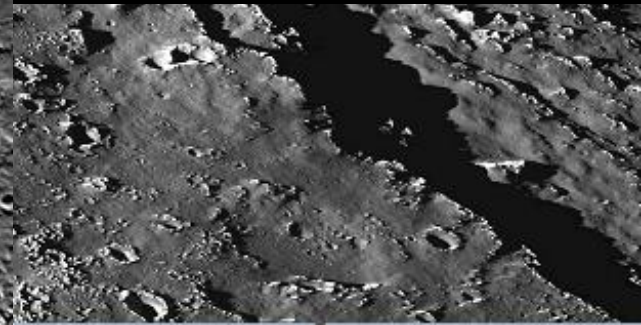
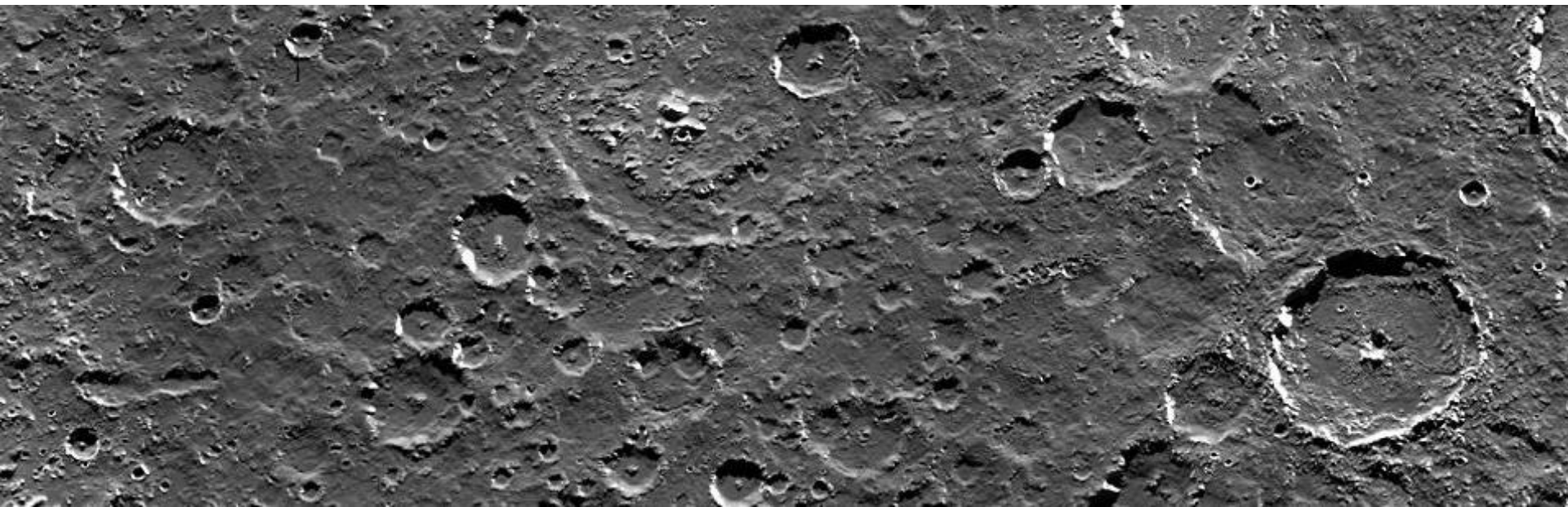


- **Összetétel:**

- szilikát kőzet és vízjég kb. fele-fele arányban
- nem/alig differenciált: esetleg felszín alatt óceán, ill. talán szilikát mag, a többi kevert kőzet és jég
 - feltehetőleg az összetapadáskor túl hideg volt a rétegződéshez

- **Felszín:**

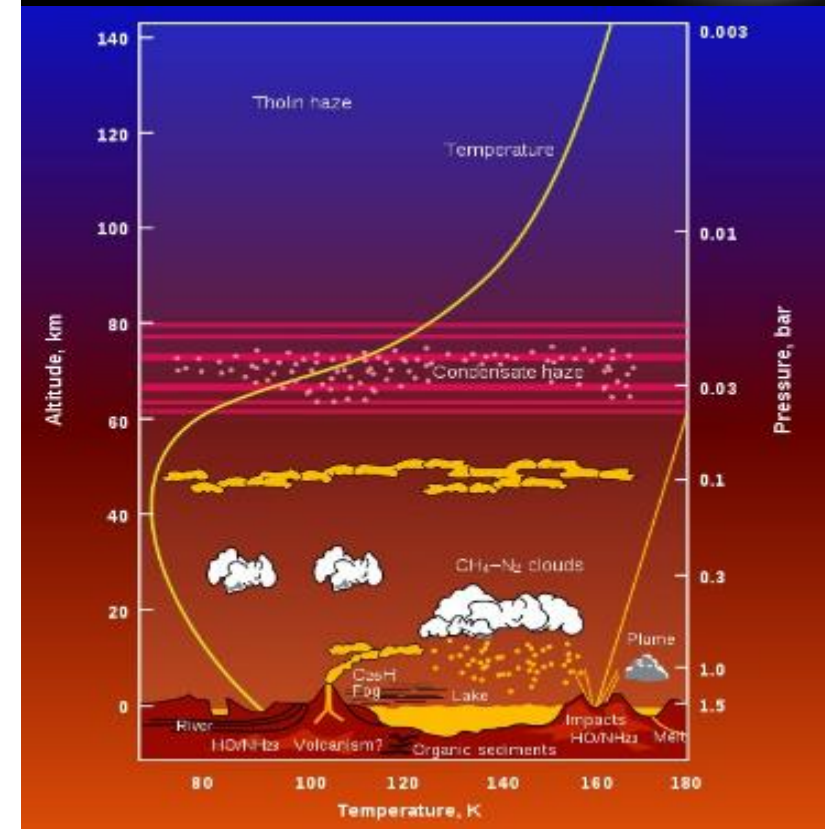
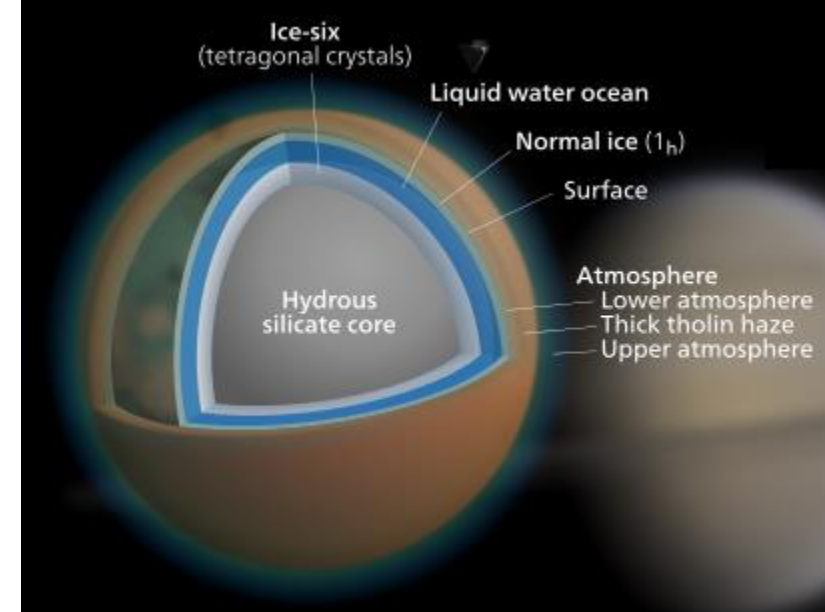
- a N.r. egyik legöregebb és legkráterezettebb felszíne (kb. telített kráterekkel)
- Valhalla kráter (előző fólia): a N.r talán legnagyobb krátere: közel 2000 km a gyűrűrendszer sugara
- nincs nyoma valahai aktivitásnak

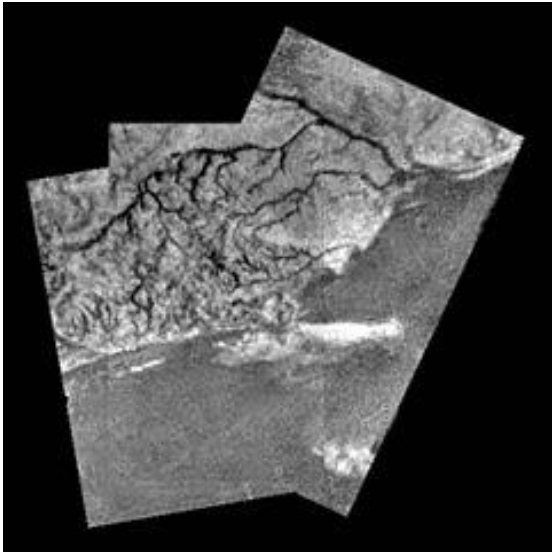


Titan

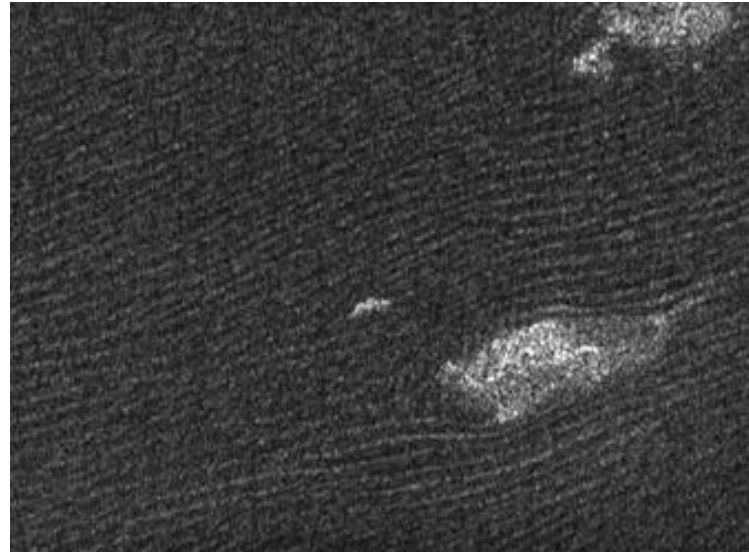


- **Összetétel:**
 - félig jég, félig kőzet
 - differenciált rétegek: kőzet mag, felette jegek és folyékony víz (NH₃ jelenléte miatt tud folyékony maradni)
- **Légkör:**
 - az egyetlen hold vastag légkörrel, $p = 1,5 \text{ bar}$, $T = 92 \text{ K}$ (nagy tömeg, hideg → lassú részecskék)
 - 98,4% N₂, 1,4% CH₄, 0,2% H₂ (+ komplexebb szénhidrogének a napsugárzás hatására)
 - CH₄ és NH₃ felhők, ezekből eső és hó esik
- **Felszín:**
 - fiatal: kevés kráter (feltöltődés), jégvulkános aktivitás
 - a pólusok körül folyékony CH₄ folyók, tavak, tengerek
 - az egyenlítő környékén szélfúttá dűnék (árapály-szelek)
- **Leszállás:** Huygens űrszonda, 2005
→ az első leszállás a külső-Naprendszerben

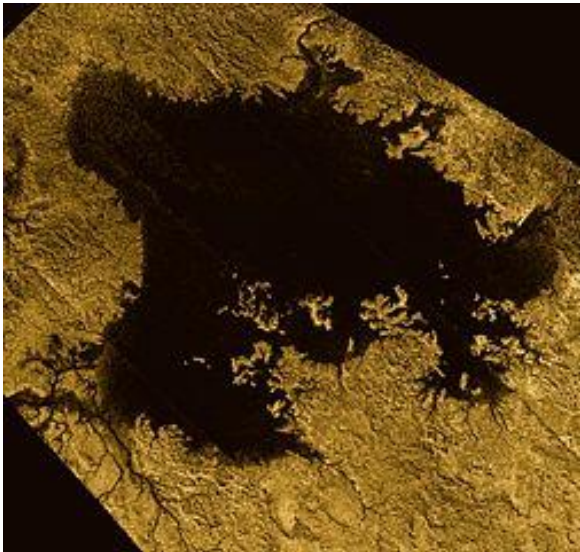




folyóvölgy



dűnék



metán-tó



sarki felhők



a felszín a leszállás helyén

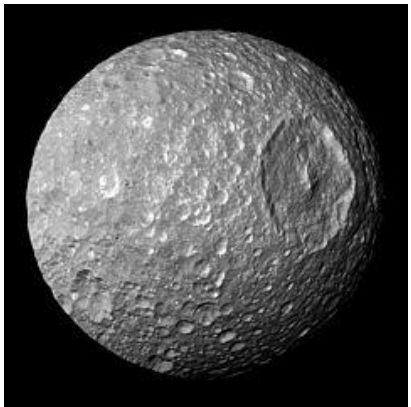
További Szaturnusz-holdak



All bodies are to scale except for Pan, Atlas, Teleso, Calypso and Helene, whose sizes have been exaggerated by a factor of 5 to show rough topography.

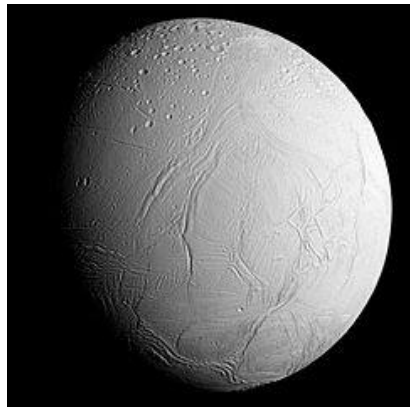
Mimas:

- „Halálcsillag”
- a legkisebb, gömb alakú hold (400 km)



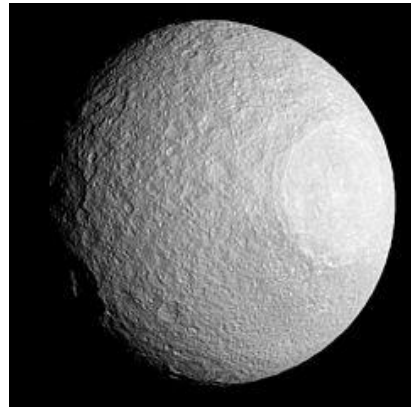
Enceladus:

- karmolások, gejzírek
- a legkisebb aktív hold (500 km)



Tethys:

- a legkisebb sűrűségű nagyobb hold
- (csak hógolyó, alig kő)



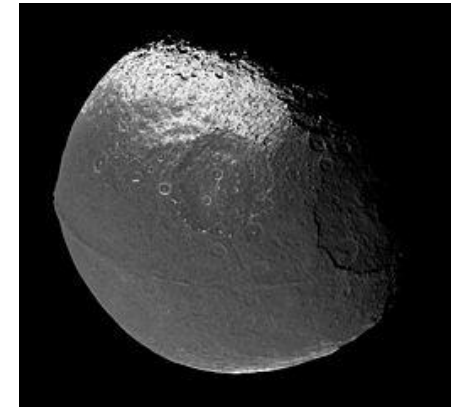
Hyperion:

- szivacs-szerű: 40%-a üreges
- kaotikus pálya

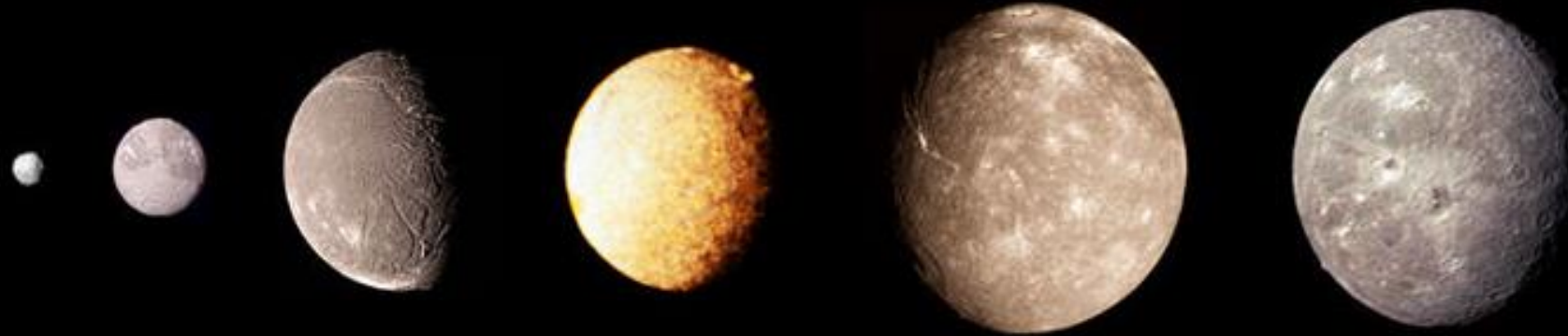


Iapetus:

- egyenlítői hegylánc
- kétszínű: sötét és világos fele eltér



Az Uránusz legnagyobb holdjai



Puck Miranda

Ariel

Umbriel

Titania

Oberon



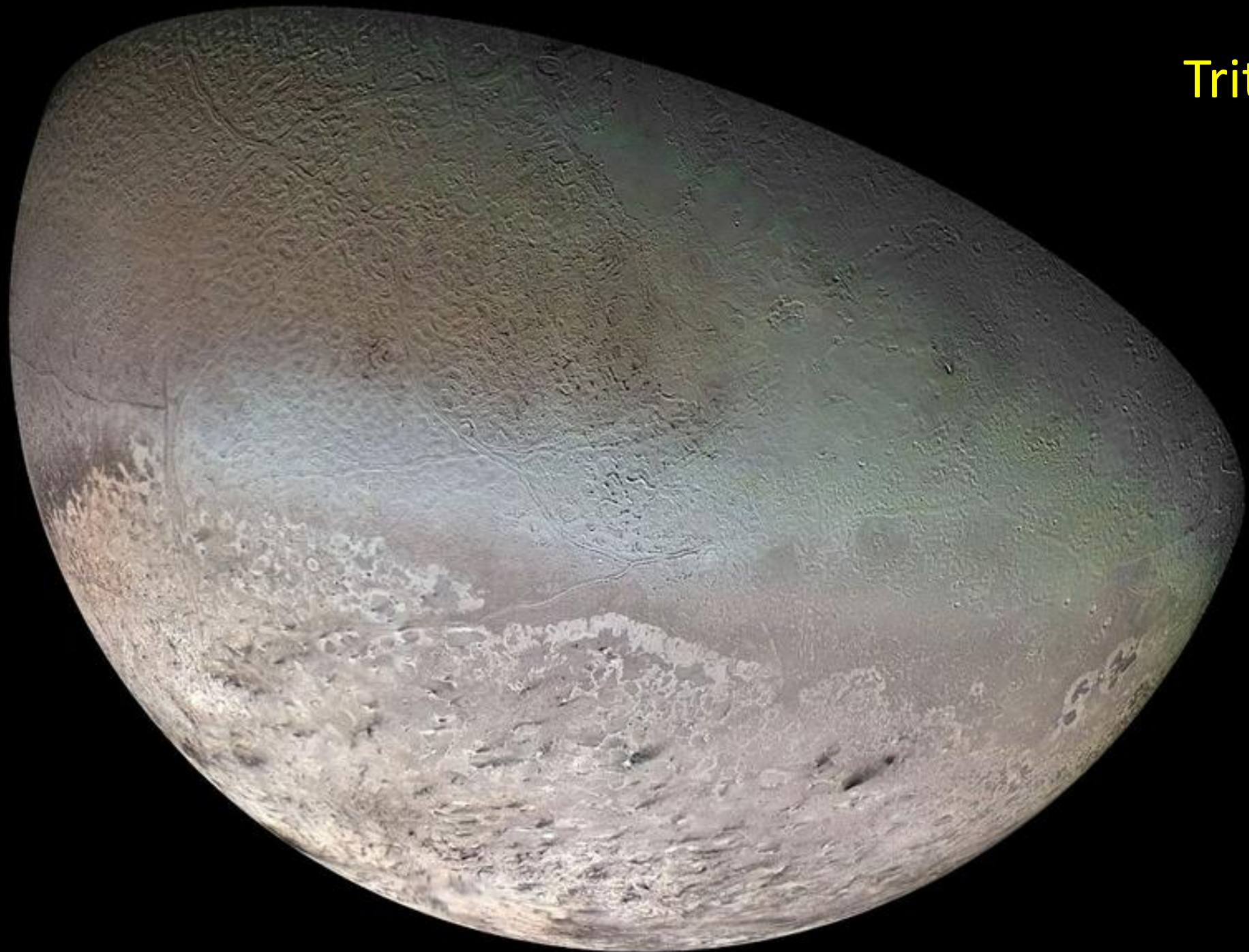
Törpeholdak: aktivitásra utaló jelek (hasadékok, vulkánosság)



Az Uránusz egyenlítői síkjában vannak

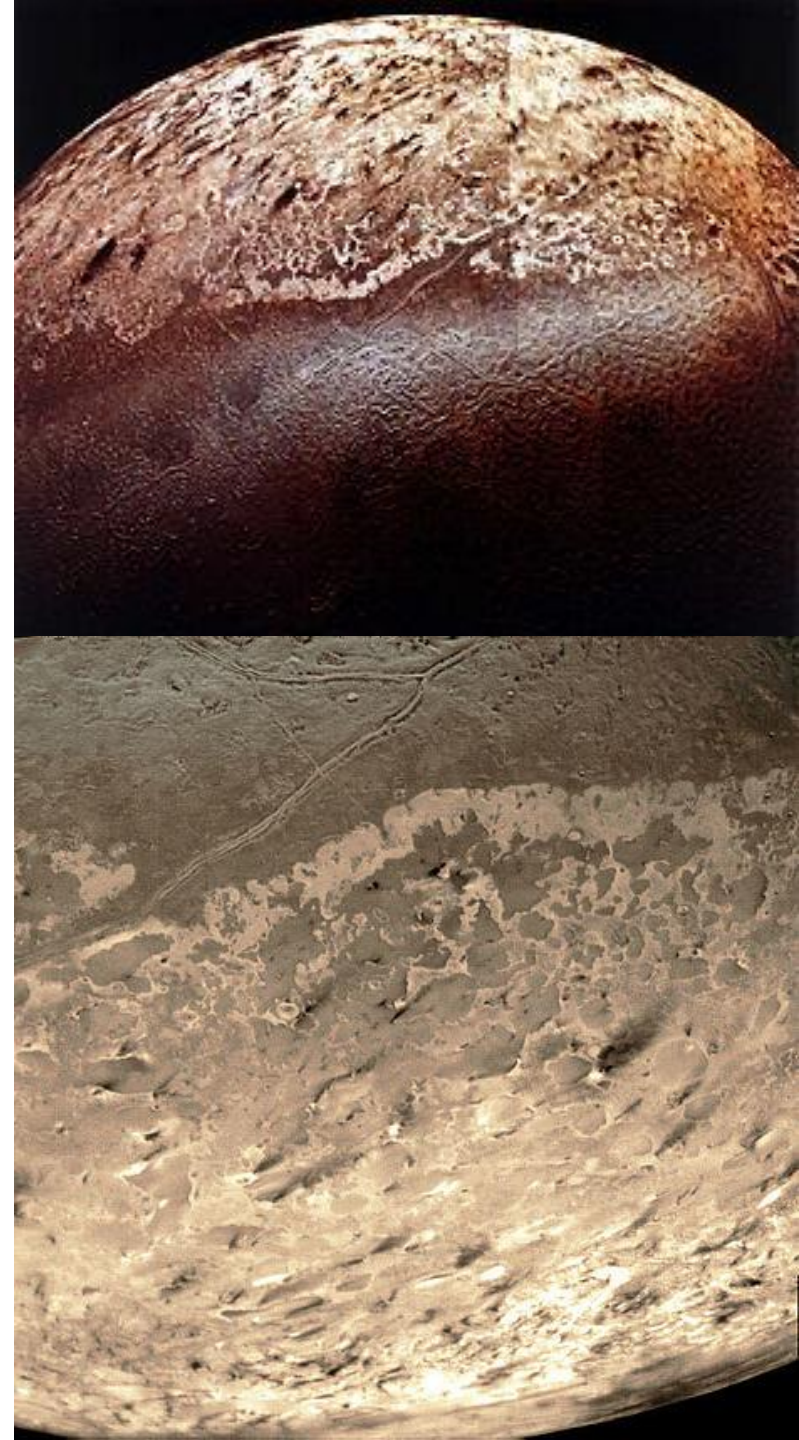
→ kb. merőleges a keringési síkra


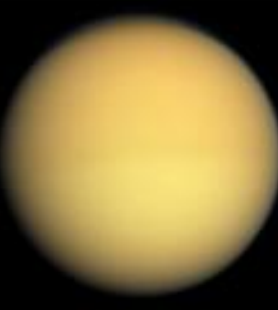

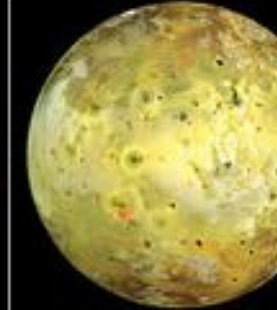

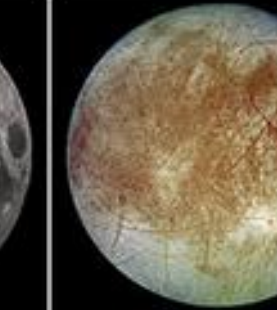




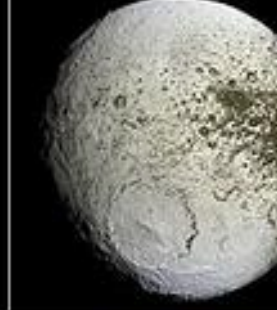






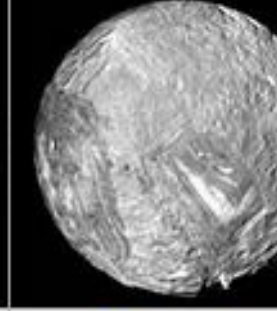



→ igen furcsák a nappalok/éjszakák és az évszakok



Triton

- Összetétel:
 - számottevő kőzet-fém mag
 - vízjég köpeny ($\sim \frac{1}{3}$ össztömeg)
 - H_2O , N_2 , CO_2 jég kéreg
- Felszín:
 - csak a D-i félteke ismert
 - fagyott N_2 (és CH_4) borítja \rightarrow igen fényes
 - hatalmas sarki sapka
 - jégvulkános aktivitás: gejzírek \rightarrow fiatal felszín
- Nagyon ritka N_2 légkör
- Feltehetőleg befogott törpebolygó
 - retrográd, erősen hajlott pálya
 - a Neptunusz körül keringő anyag 99,5%-a \rightarrow sok holdat kidobhatott (viszonylag kevés van)



						
Ganymede (moon of Jupiter)	Titan (moon of Saturn)	Callisto (moon of Jupiter)	Io (moon of Jupiter)	Moon (moon of Earth)	Europa (moon of Jupiter)	Triton (moon of Neptune)
						
Titania (moon of Uranus)	Rhea (moon of Saturn)	Oberon (moon of Uranus)	Iapetus (moon of Saturn)	Charon (moon of Pluto)	Umbriel (moon of Uranus)	Ariel (moon of Uranus)
						
Dione (moon of Saturn)	Tethys (moon of Saturn)	Enceladus (moon of Saturn)	Miranda (moon of Uranus)	Proteus (moon of Neptune)	Mimas (moon of Saturn)	Hyperion (moon of Saturn)

A 21 legnagyobb hold

Az óriásbolygók űrkutatása

- Pioneer-10, 1973: Jupiter-megközelítés (→ Naprendszer elhagyása)
- Pioneer-11: Jupiter- (1974) és Szaturnusz-megközelítés (1979)
- Voyager-1, 1979/80: Jupiter- és Szaturnusz-megközelítés
 - jelenleg a legmesszebbre jutott tárgy (145 CsE, 20 „fényóra”)
- Voyager-2, 1979/81/86/89: mindegyik óriásbolygót megközelíti
 - megfelelő együttállás: 175 évente
- Galileo, 1995-2003: Jupiter körüli keringés, légköri szonda
- Cassini, 2004-2017: Szaturnusz körüli keringés
 - leszálló-egység a Titánra
- New Horizons, 2006-2007(-...): Jupiter → Pluto → 2014 MU₆₉ (2019 újév)
- Juno, 2016-2021(?): Jupiter körül

