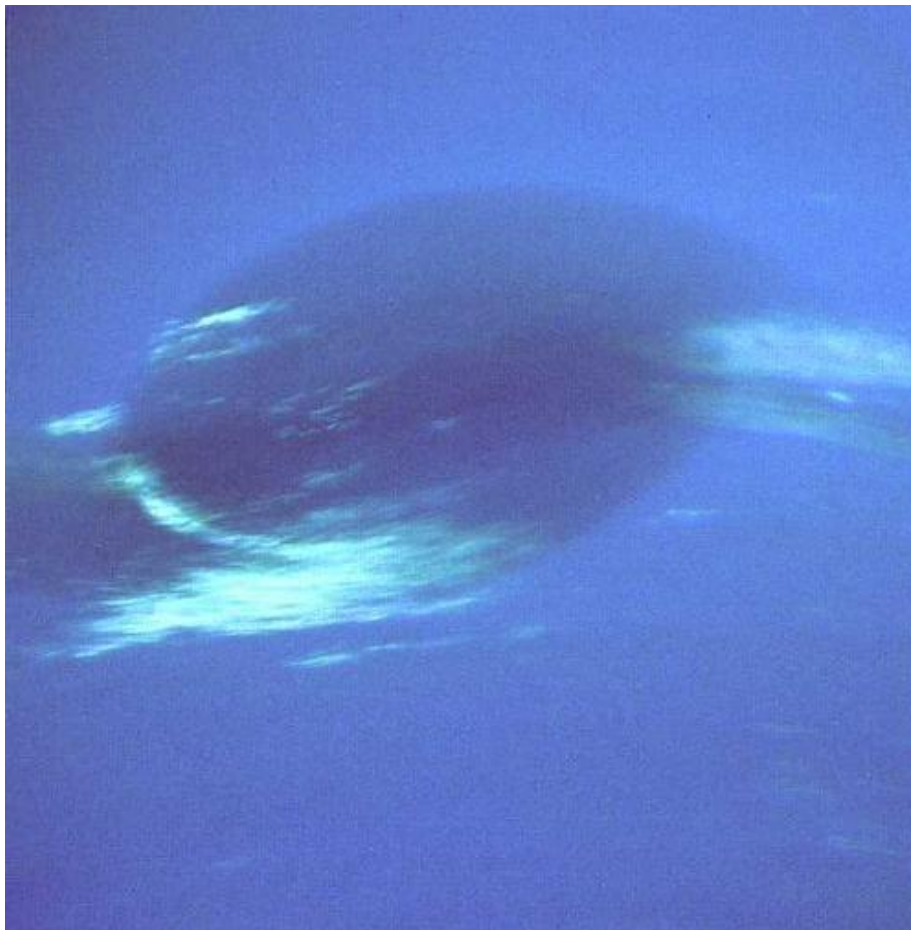


Gázbolygók, holdjaik és gyűrűik

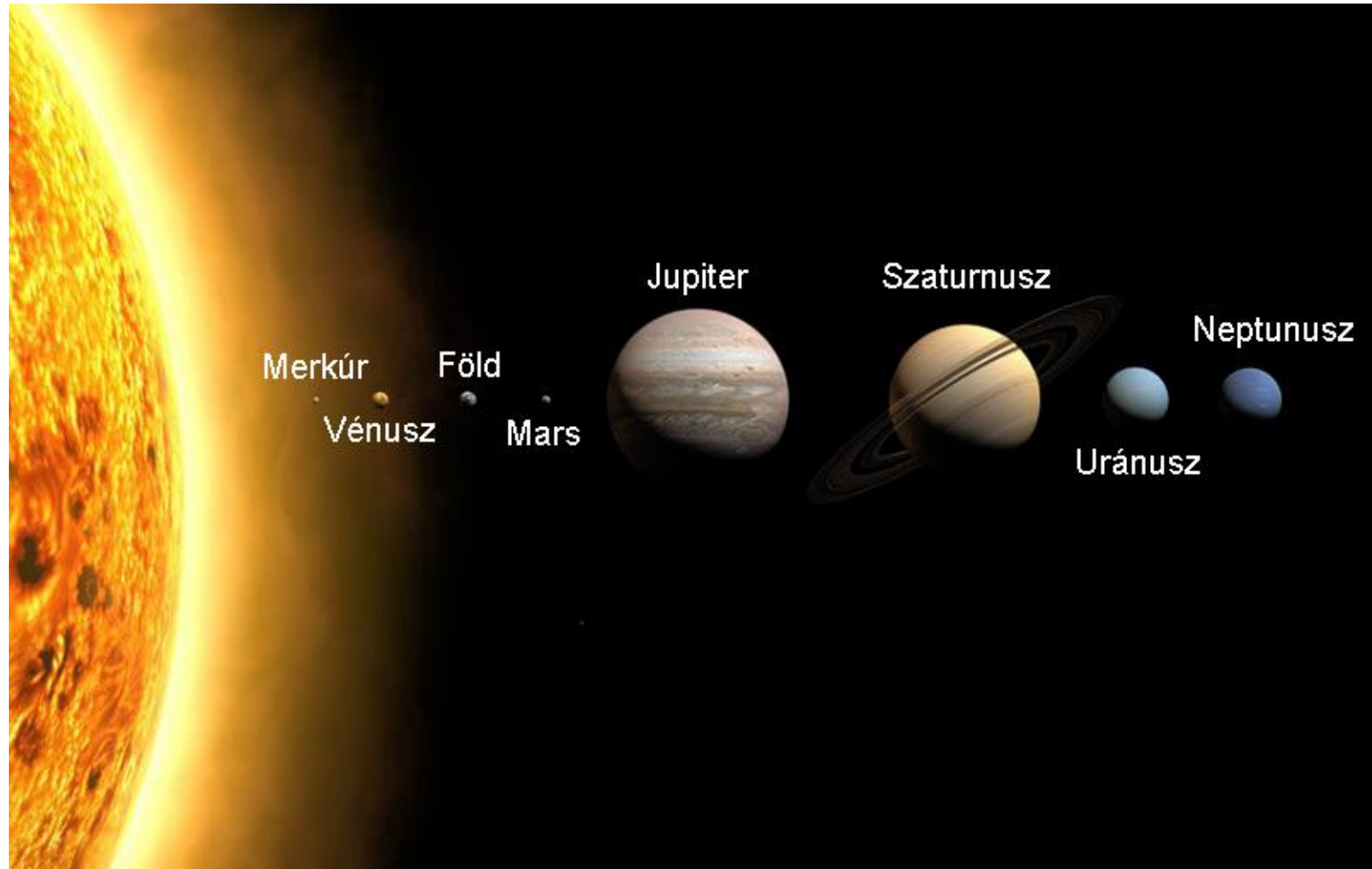
ELTE TTK, planetológia



Kereszturi Ákos
MTA CSFK

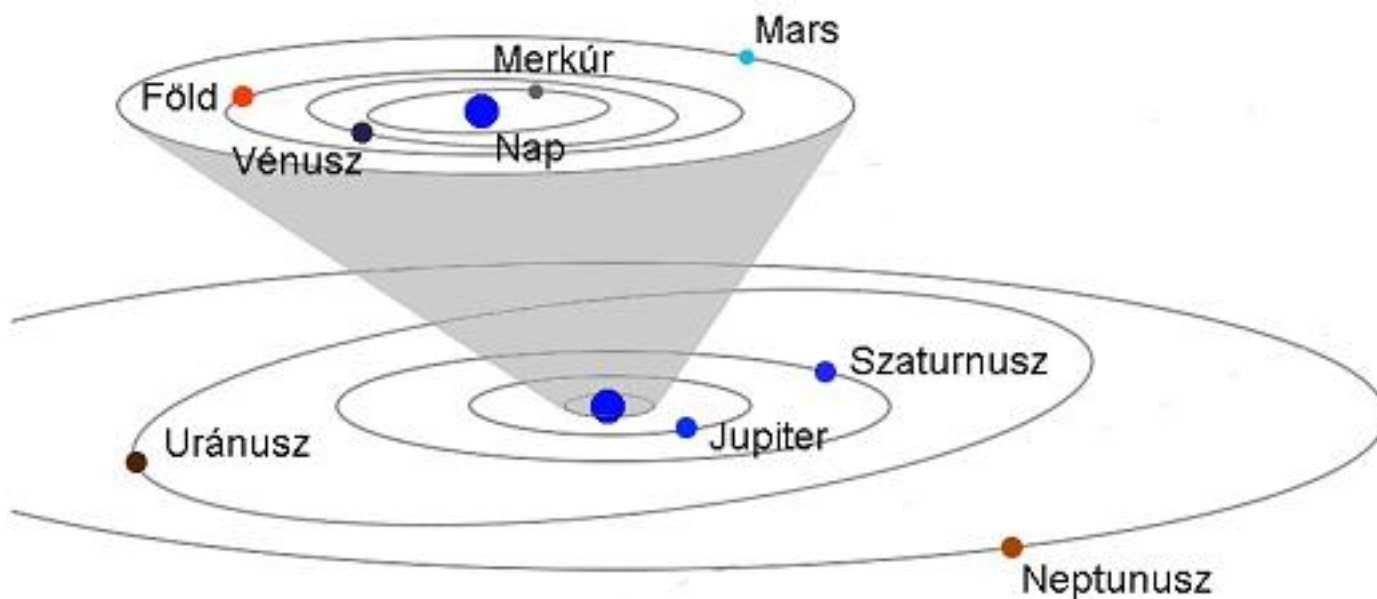
Gázbolygók

- Jupiter-típusú bolygók
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz



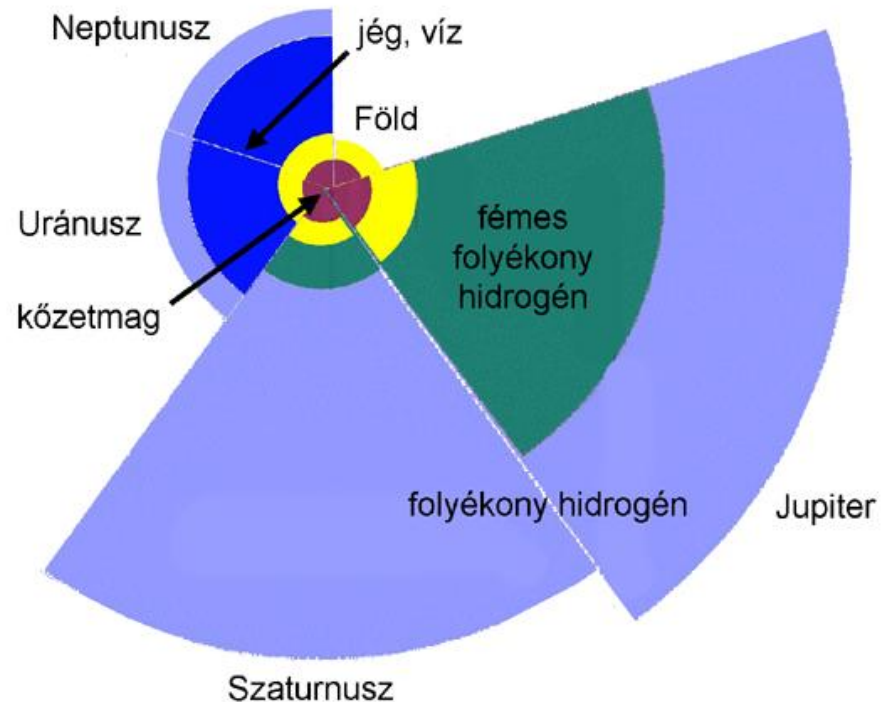
Gázbolygók

- Jupiter-típusú bolygók
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz
- tömeg: 318-15 földtömeg (Naprendszerben)
- sűrűség: 1,6-0,7 g/cm³
- helyzet: 5 CSE-nél nagyobb naptávolságban



Gázbolygók

- Jupiter-típusú bolygók
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz
- tömeg: 318-15 földtömeg (Naprendszerben)
- sűrűség: 1,6-0,7 g/cm³
- helyzet: 5 CSE-nél nagyobb naptávolságban
- összetétel: H, He (H₂O, NH₃, CH₄ stb.)
- belső szerkezet:
 - szilárd kőzet-jég mag
 - folyadék (ionizált, esetleg fémes)
 - vastag légkör



Gázbolygók

- Jupiter-típusú bolygók
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz
- tömeg: 318-15 földtömeg (Naprendszerben)
- sűrűség: 1,6-0,7 g/cm³
- helyzet: 5 CSE-nél nagyobb naptávolságban
- összetétel: H, He (H₂O, NH₃, CH₄ stb.)
- belső szerkezet:
 - szilárd mag
 - folyékony belső (ionizált, fémes, vezető)
 - légkör
- gyors tengelyforgás (10-19 óra)
 - lapult alak
 - nagy Coriolis-erő → egyenlítővel párhuzamos szélrendszerek

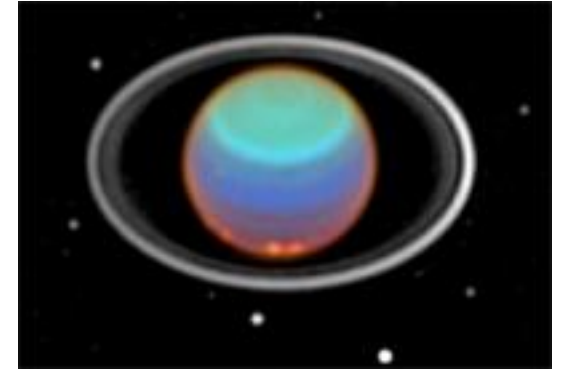


Gázbolygók

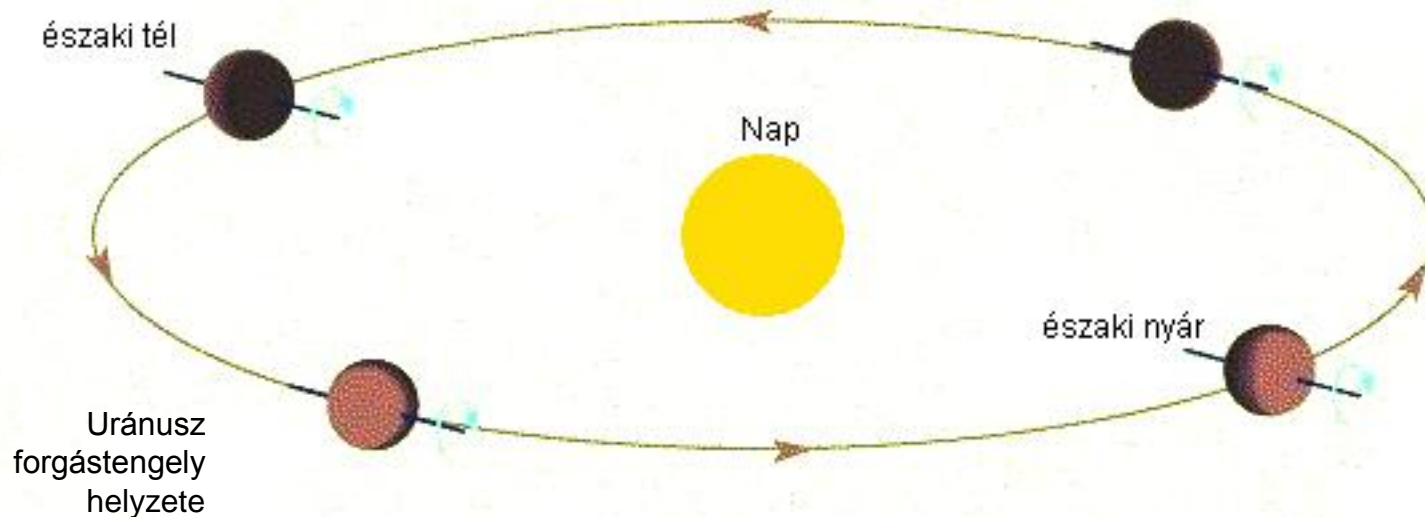
- Jupiter-típusú bolygók
- Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz
- tömeg: 318-15 földtömeg (Naprendszerben)
- sűrűség: 1,6-0,7 g/cm³
- helyzet: 5 CSE-nél nagyobb naptávolságban
- összetétel: H, He (H₂O, NH₃, CH₄ stb.)
- belső szerkezet:
 - szilárd mag
 - folyékony belső (ionizált, fémes, vezető)
 - légkör
- gyors tengelyforgás (10-19 óra)
 - lapult alak
 - nagy Coriolis-erő → egyenlítővel párhuzamos szélrendszerek
- belső hőtermelés
 - Jupiter, Szaturnusz, Neptunusz esetében nagyobb a napsugárzásnál
 - lassú globális zsugorodástól
 - belső differenciációtól
- kiterjedt hold- és gyűrűrendszer

Gázbolygók, légkör

- jellegzetes egyenlítővel párhuzamos felhősávok
- Uránusznál is, pedig ott anomális a beeső napsugárzás eloszlása
- ellenkező áramlási irányú zónák határán örvények
- magasan: napsugárzás, mélyen: belső energia dominál
- gyenge évszakos változások

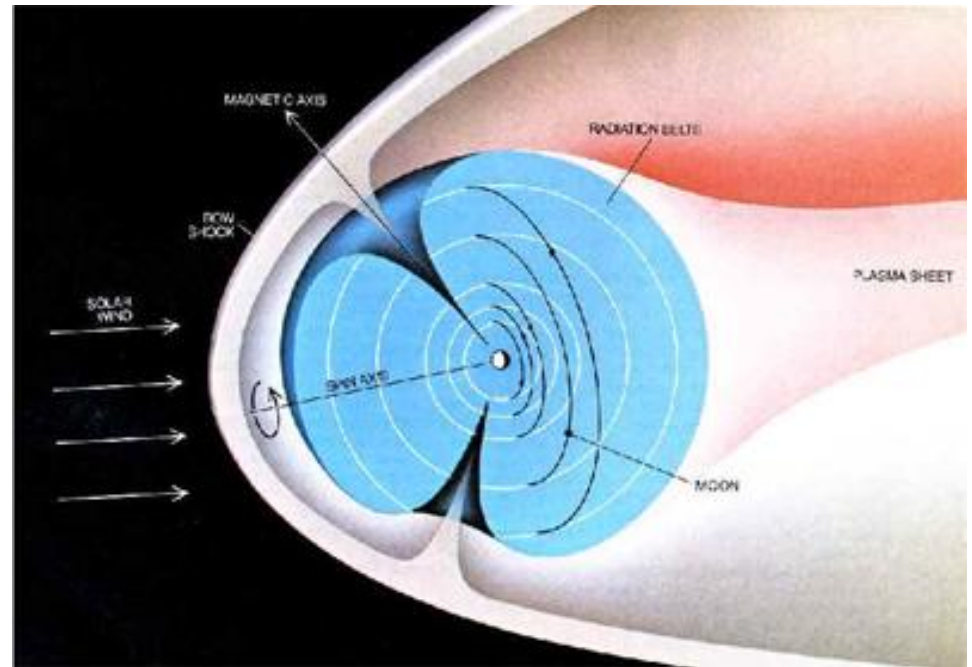
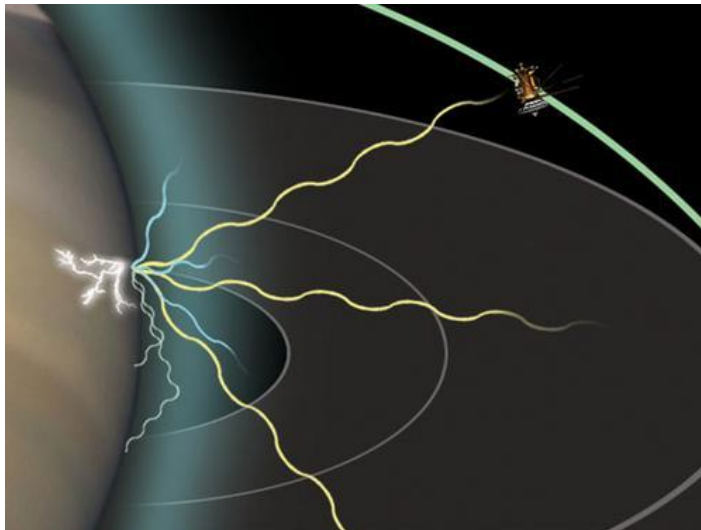
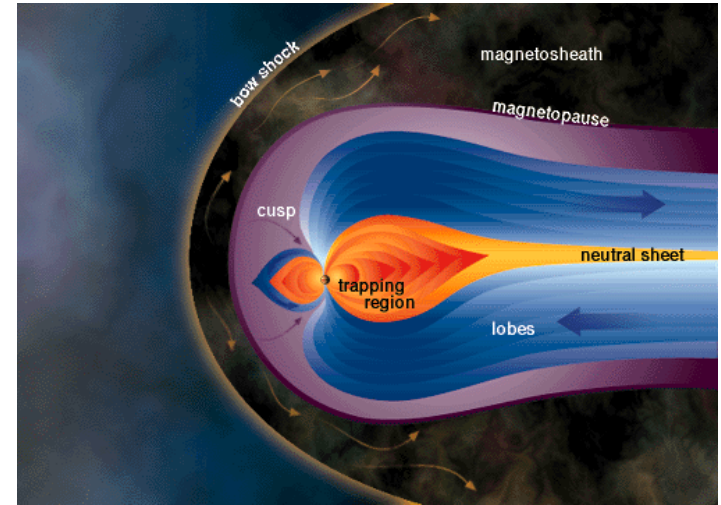


Uránusz (HST, NICMOS)



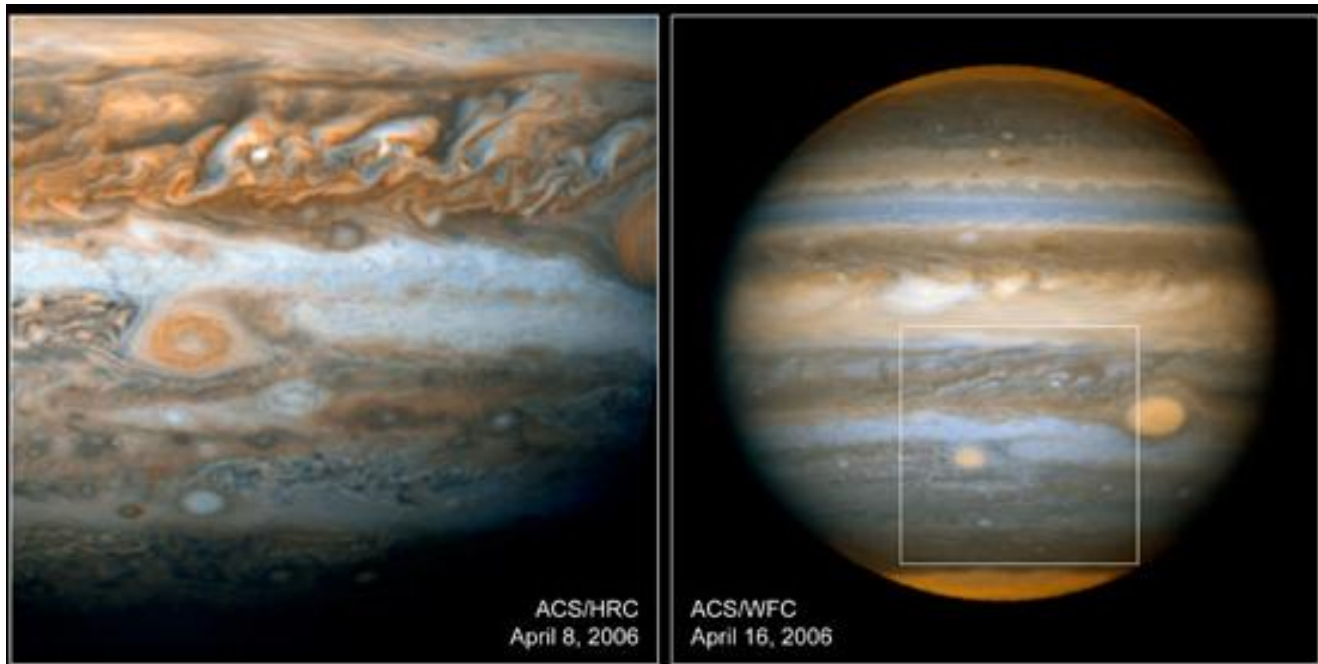
Gázbolygók, mágneses tér

- áramló ionizált folyadékban generálódik
- nagyon energikus
- napszélről megvédi a magnetoszférán belüli égitesteket
- Uránusznál furcsán változik az alakja
- magnetoszférán belüli élénk keveredés (Szaturnusz)
- magnetoszféra külső részét lassítja a befogott anyag (Enceladus gejzírei)



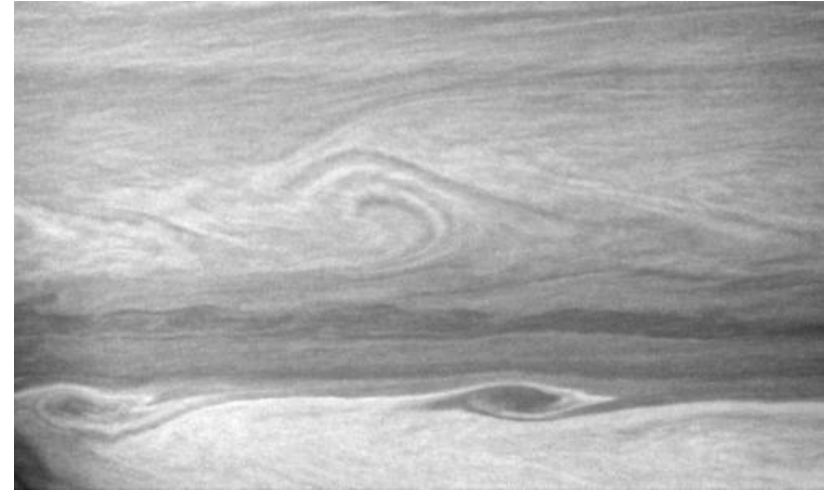
Gázbolygók, példák

- Jupiter
 - élénk színű felhősávok
 - legstabilabb örvény: Nagy Vörös Folt
 - egyéb örvények (Kis Vörös Folt, stb.)
 - gravitációs tere a 2. legfontosabb a Naprendszerben → üstökösök, kisbolygók mozgását erősen befolyásolja
 - port szór szét a Naprendszerben



Gázbolygók, példák

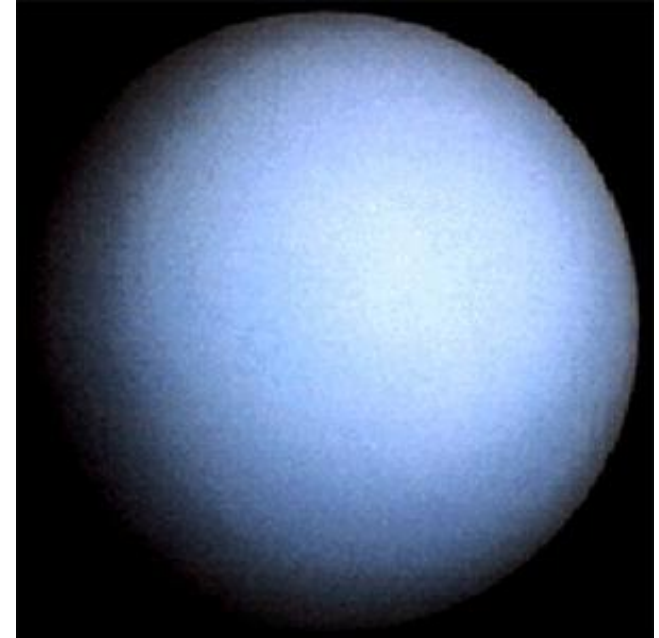
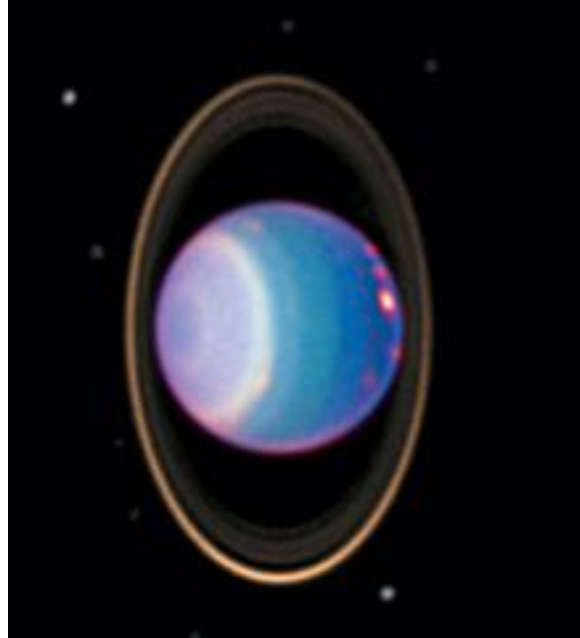
- Szaturnusz
 - kevésbé élénk színű felhősávok
 - 500 m/s-os szelek is
 - örvények mozgatják a sávokat vagy viszont?



Gázbolygók, példák

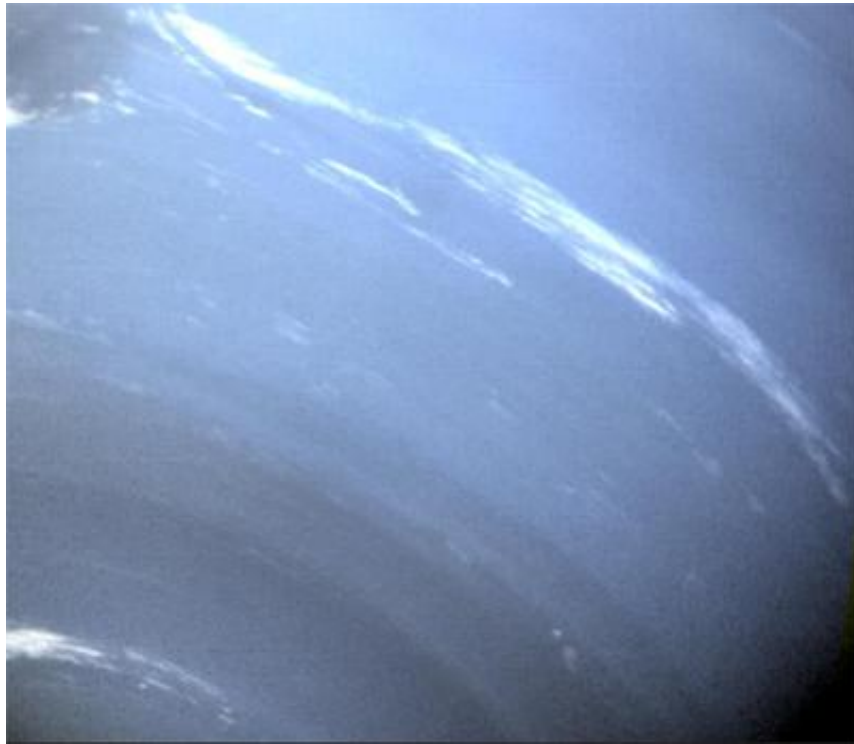
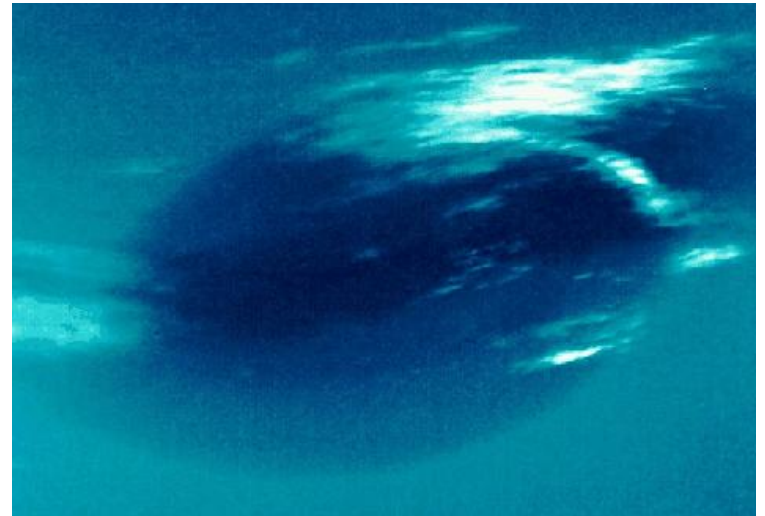
- Uránusz

- magasszintű átlátszatlan szmogréteg → szürke, jellegtelen légkör
- tengelyferdeség 98° → évtizedekig csak egyik félteke kap napfényt
- nem bocsát ki több hőt, mint amennyit a Naptól kap
- mágneses- és forgástengely között 60° -os szög



Gázbolygók, példák

- Neptunusz
 - felsőlégköri szmog nincs, metán van
→ élénk kék
 - látványos örvények
 - 600 m/s-os szelek is
 - mágneses- és forgástengely 47° -os szöget zár be



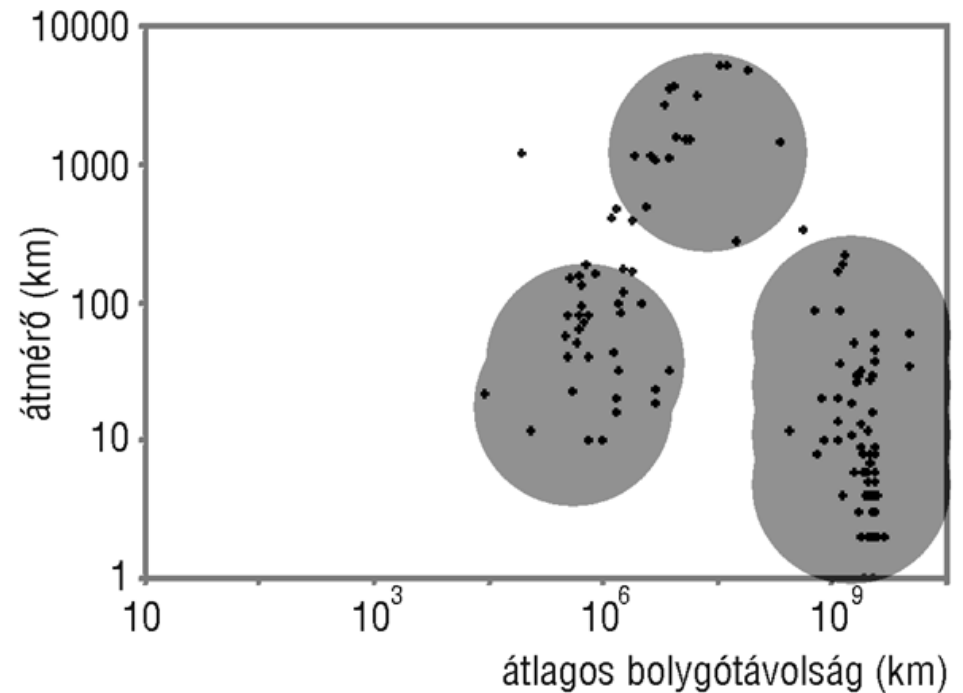
Hold- és gyűrűrendszerek

- nagy változatosság
- óriásbolygónként sok 1000 hold
- kisbolygók körül is



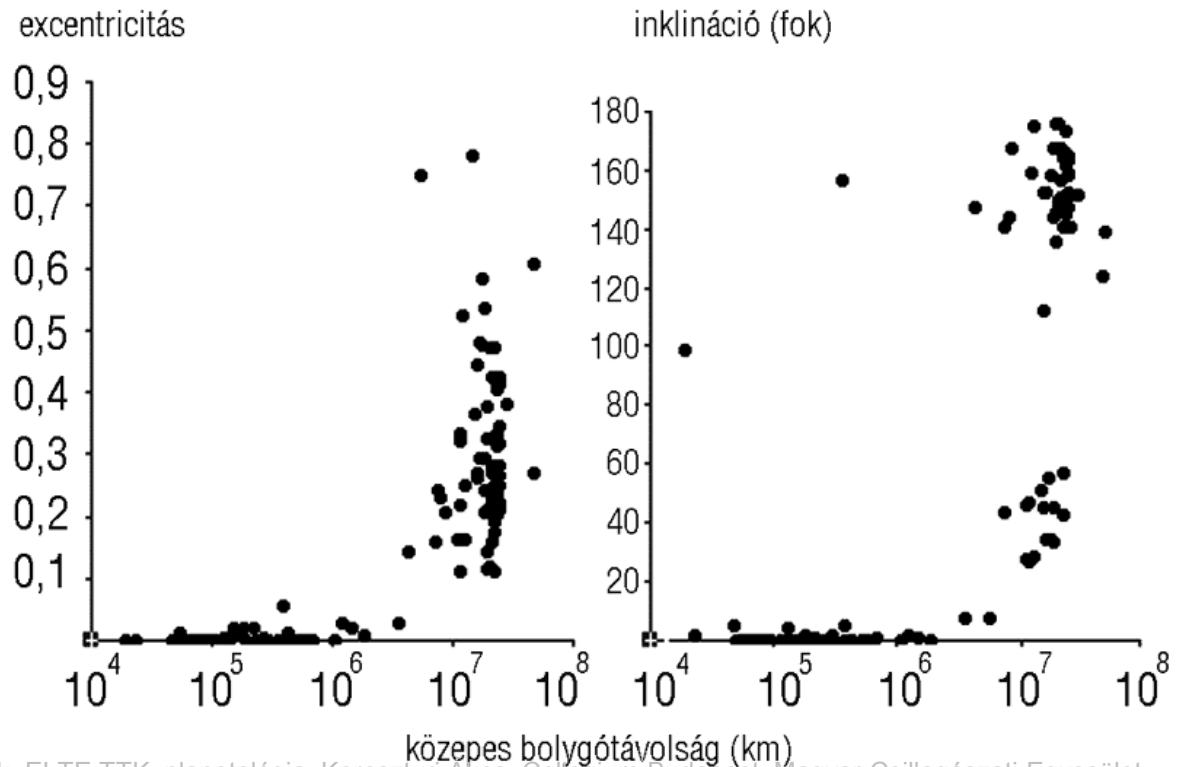
Hold- és gyűrűrendszerek

- apró holdak bolygóhoz nagyon közel és nagyon távol
- nagyobb holdak közepes távolságban
- „mini Naprendszer”: sűrűség és összetétel gradiens
- 3 hold csoport:
 - belső törmelék holdak
 - reguláris (normál) holdak
 - távoli, befogott holdak



Hold- és gyűrűrendszerek

- apró holdak bolygóhoz nagyon közel és nagyon távol
- nagyobb holdak közepes távolságban
- „mini Naprendszer”: sűrűség és összetétel gradiens
 - belső törmelék holdak egyenlítői síkban, körpályán
 - reguláris (normál) holdak egyenlítői síkban, körpályán
 - távoli, befogott holdak változó inklináció, excentricitás, ker. irány

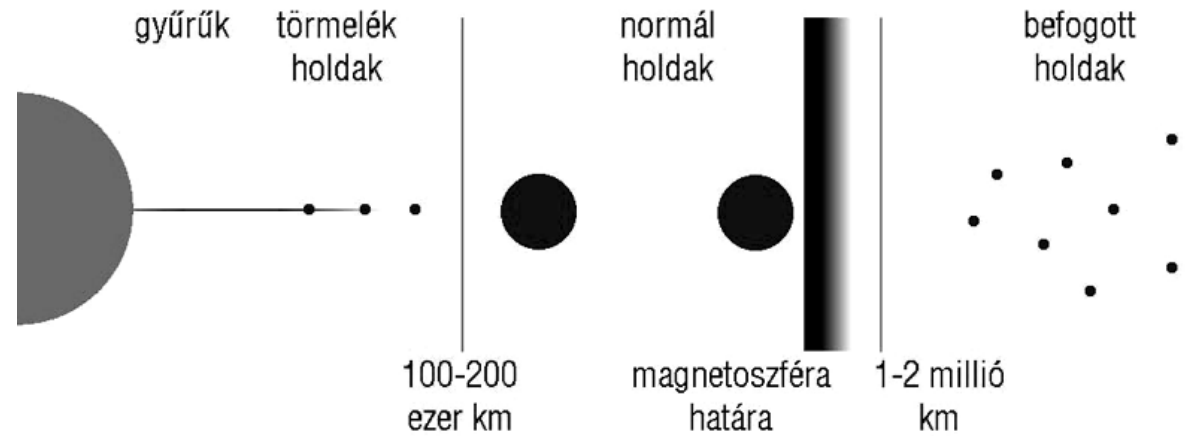


Hold- és gyűrűrendszerek

- belső törmelék holdak
- reguláris (normál) holdak
- távoli, befogott holdak

töredeznek, gyűrűk anyagát pótolják

változó pálya

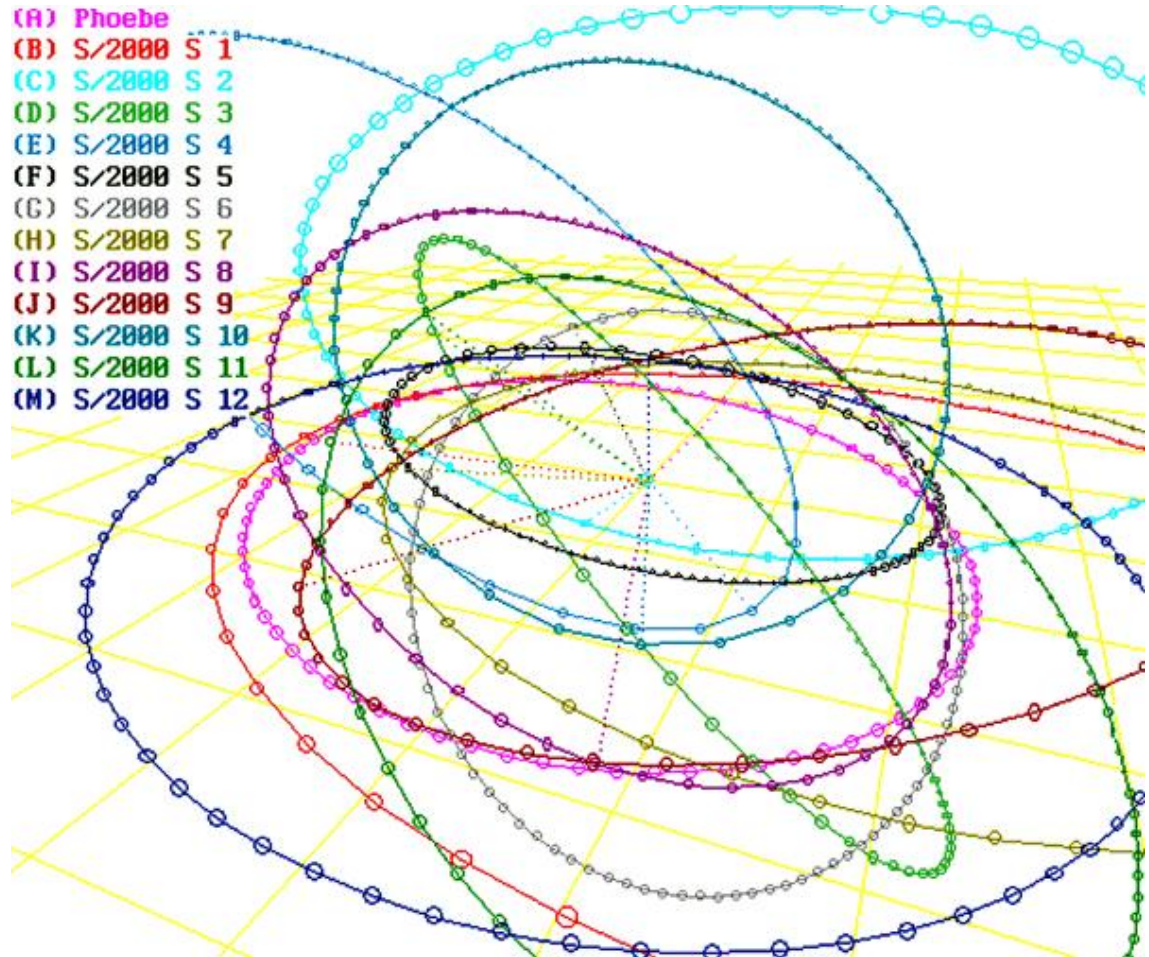
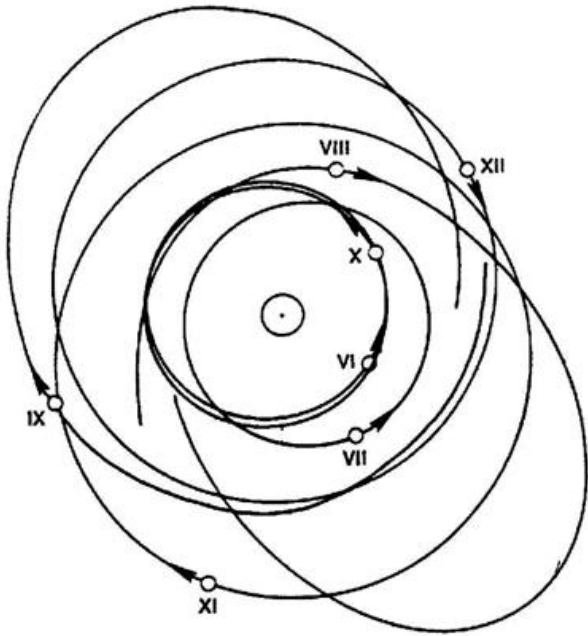


Hold- és gyűrűrendszerek

- belső törmelék holdak
- reguláris (normál) holdak
- távoli, befogott holdak

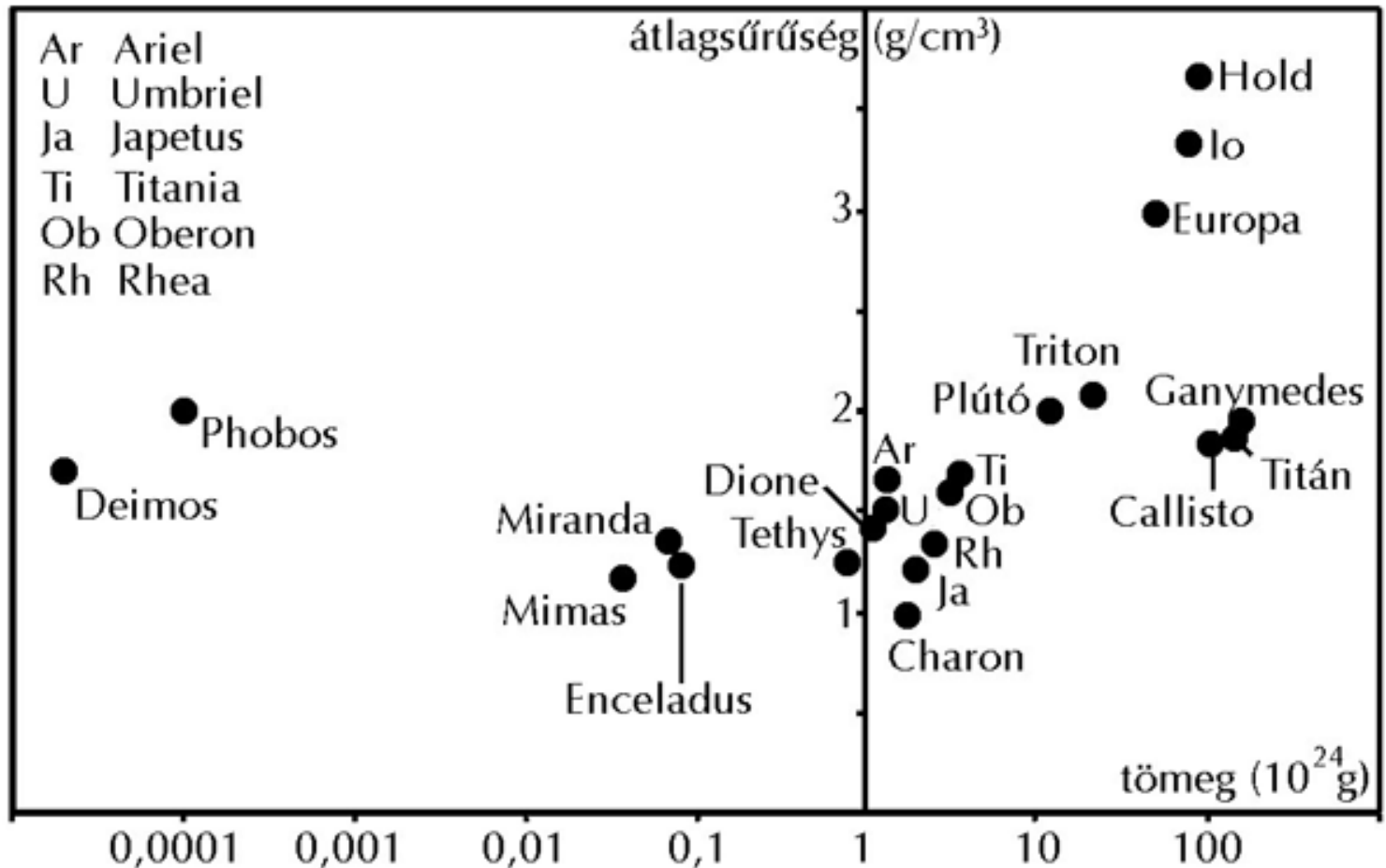
töredeznék, gyűrűk anyagát pótolják

változó, nem mindig záródó pályák



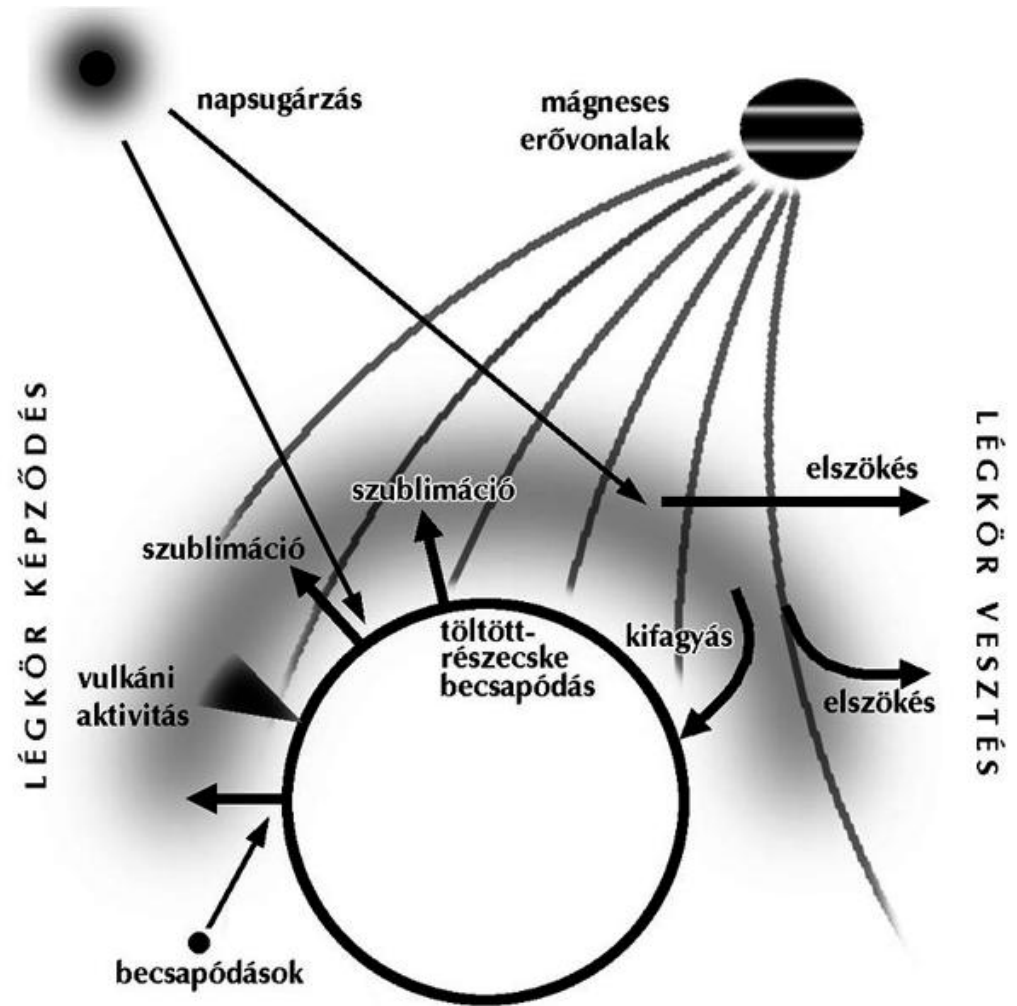
Hold- és gyűrűrendszerek

- anyaguk:
 - kőzet
 - jég



Hold- és gyűrűrendszerek

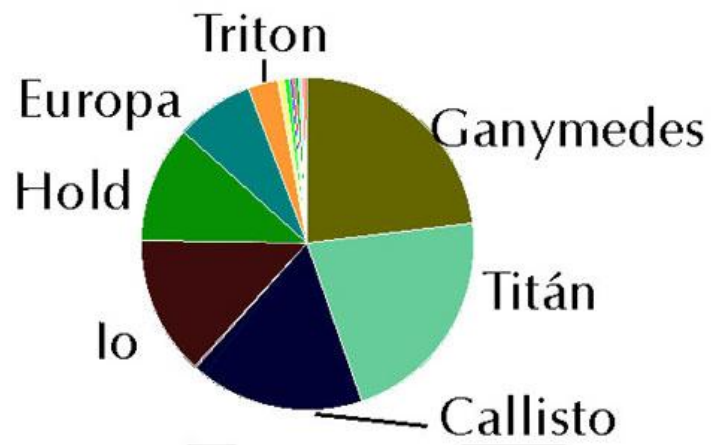
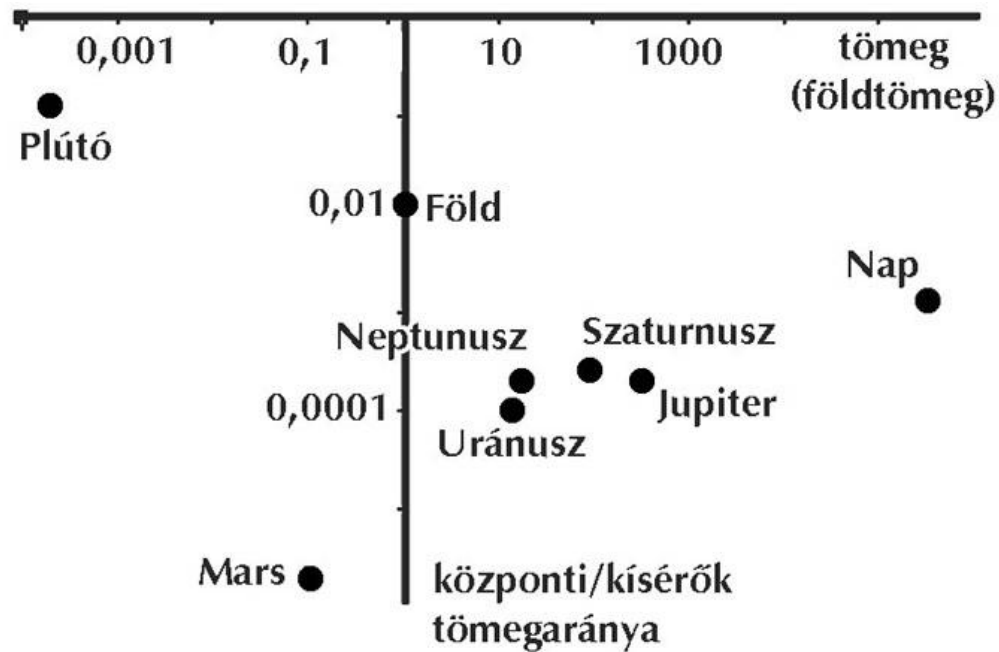
- leggyakoribb felszínforma: kráter
- ritkán jég alatti óceánok
- pamacs légkörök
 - ritka
 - változékony
 - magnetoszférával erősen kölcsönhat



Óriásholdak

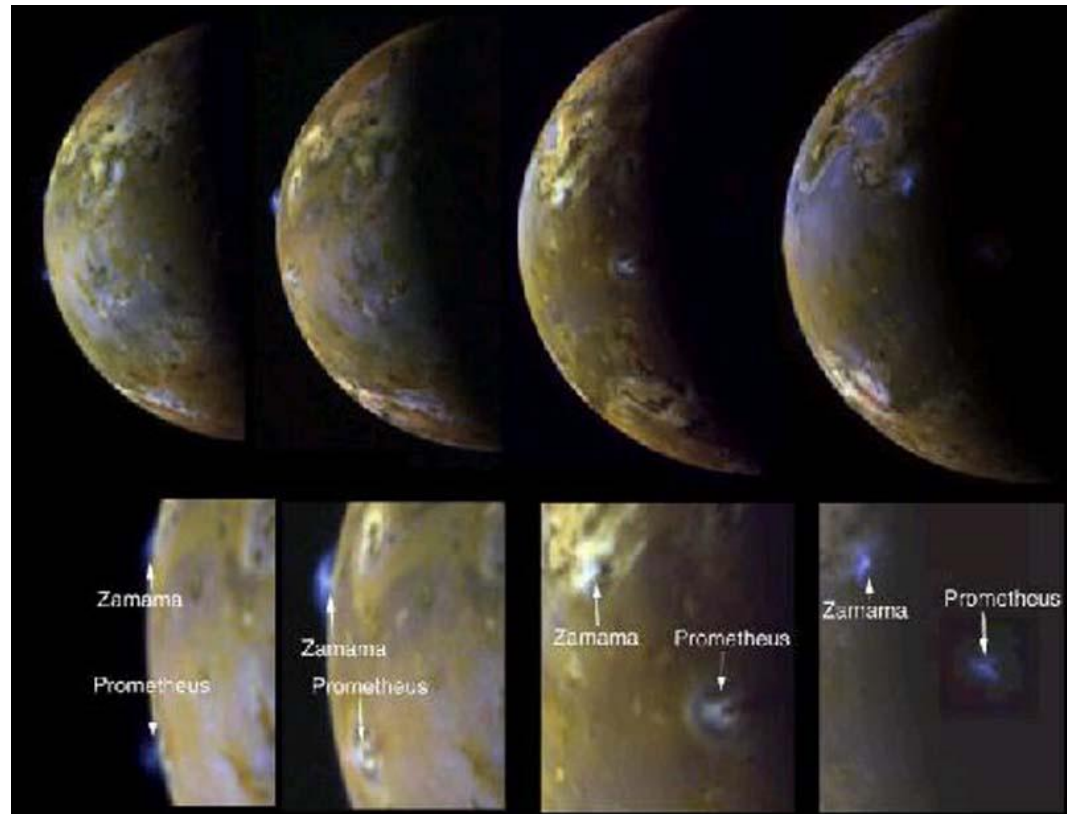
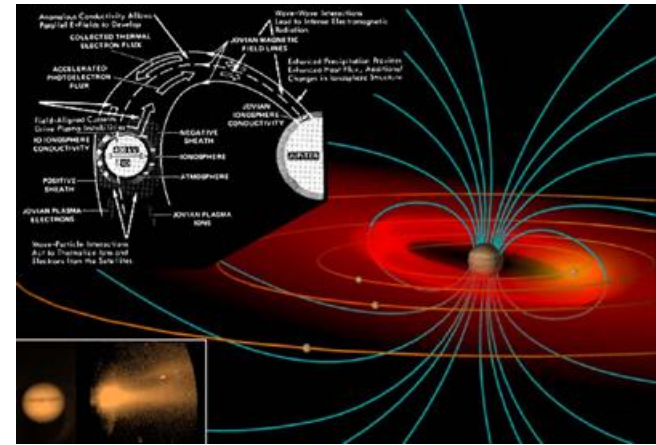


Óriásbolygók



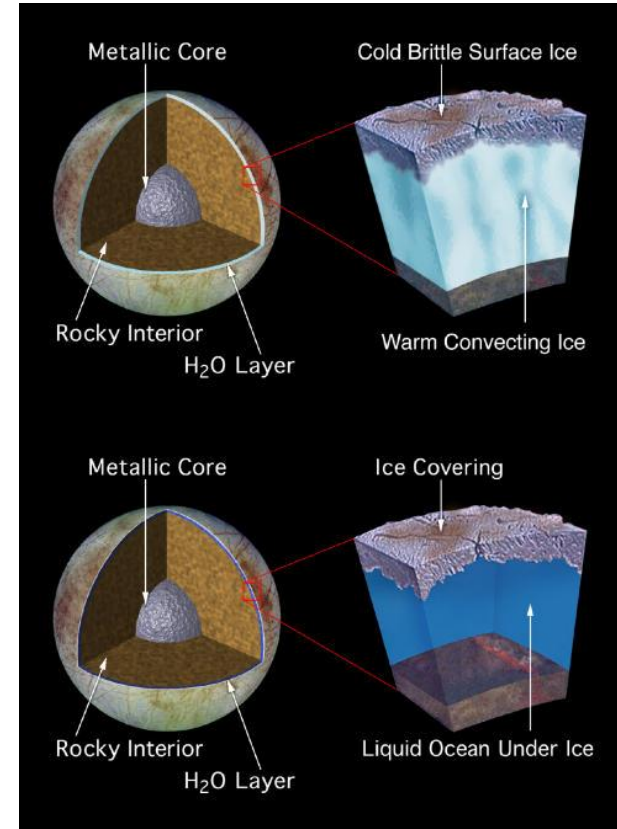
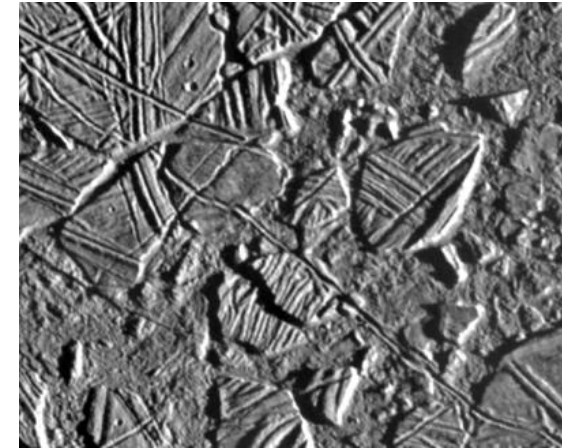
10

- árapály fűtés → vulkáni aktivitás
- becsapódásos kráter nem látszik
- szilikátos + kénes vulkanizmus
- kráterek, kalderák, lávafolyások / robbanásos kitörések, lávatavak
- gyenge grav. tér → magas kitörési felhők, végleg kirepülő anyag



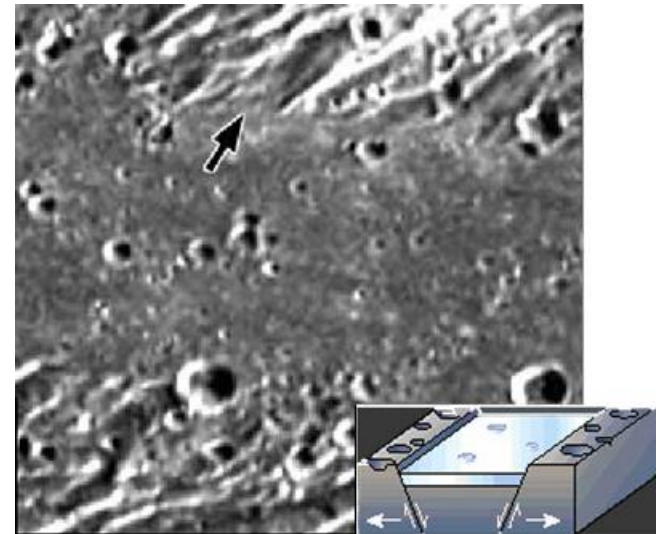
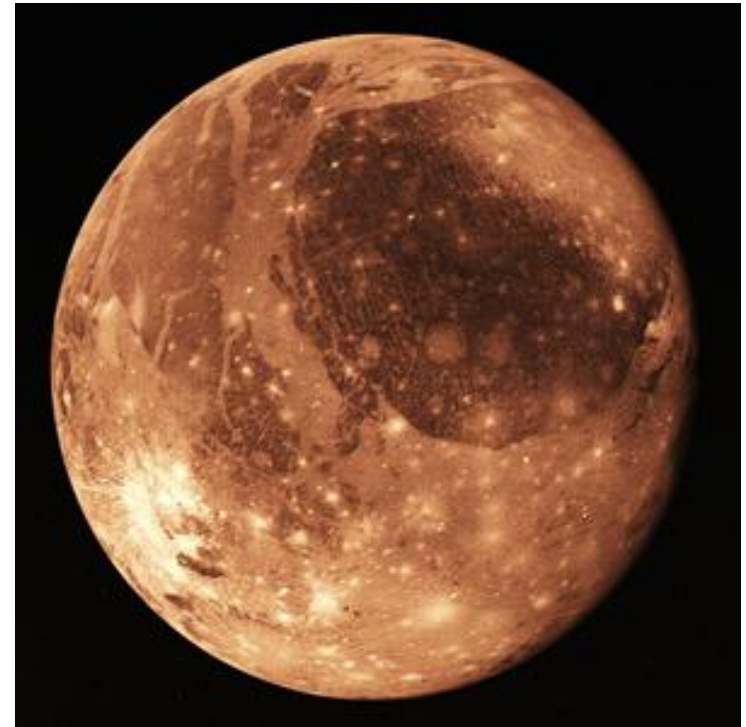
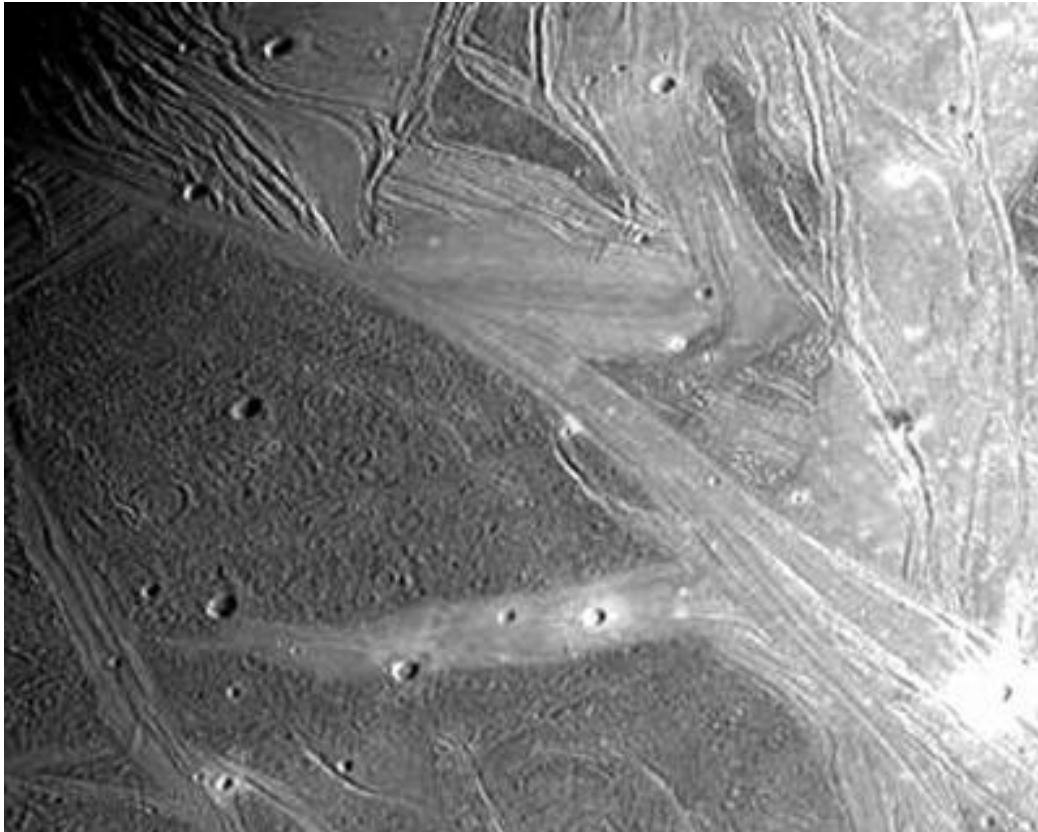
Europa

- 10-20 km vastag jégpáncél
- 50-100 km vastag felszín alatti óceán
- árapály eredetű törések a jégen
- káosz területek: elmozdult blokkok
- vulkanizmus a jégpáncél alatt
- jégpáncél elfordul a belső felett
- HST: 2 db 200 km magas plume (H_2 , O_2)



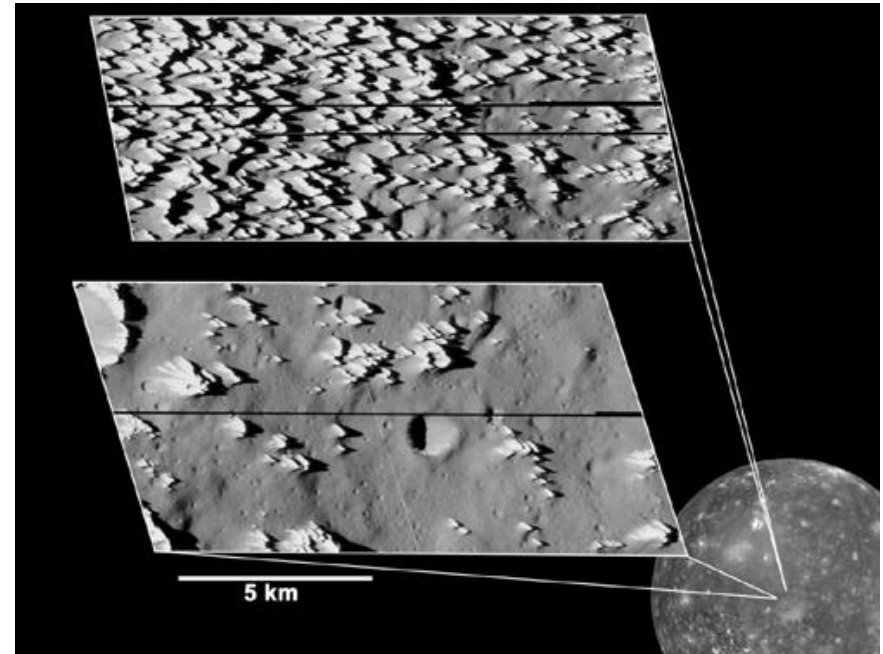
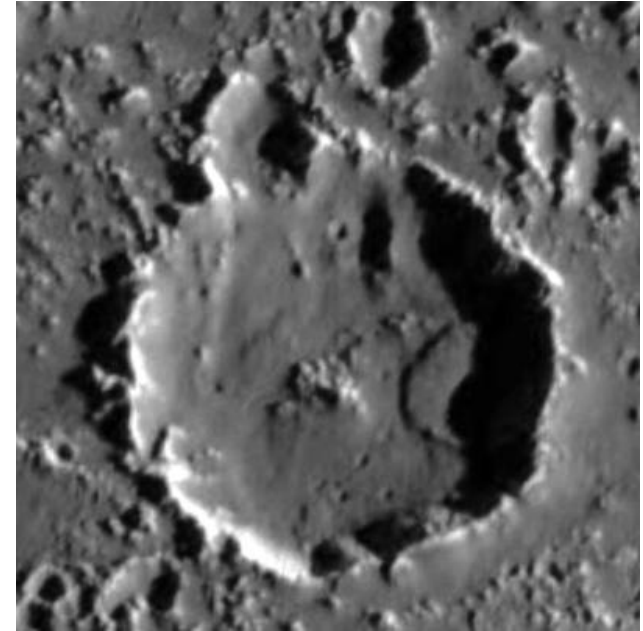
Ganymedes

- vízjég felszín
- nagy, sötét, idős, elmozdult táblák
- közöttük fiatalabb, felnyomult jég
- főleg tágulási tektonikus formák



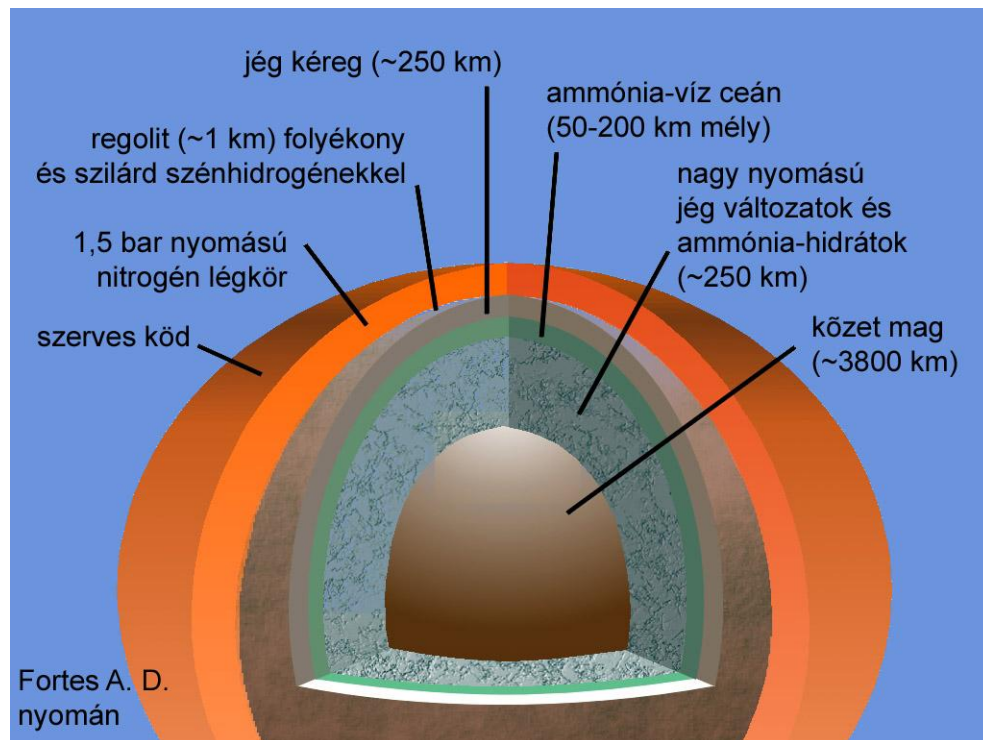
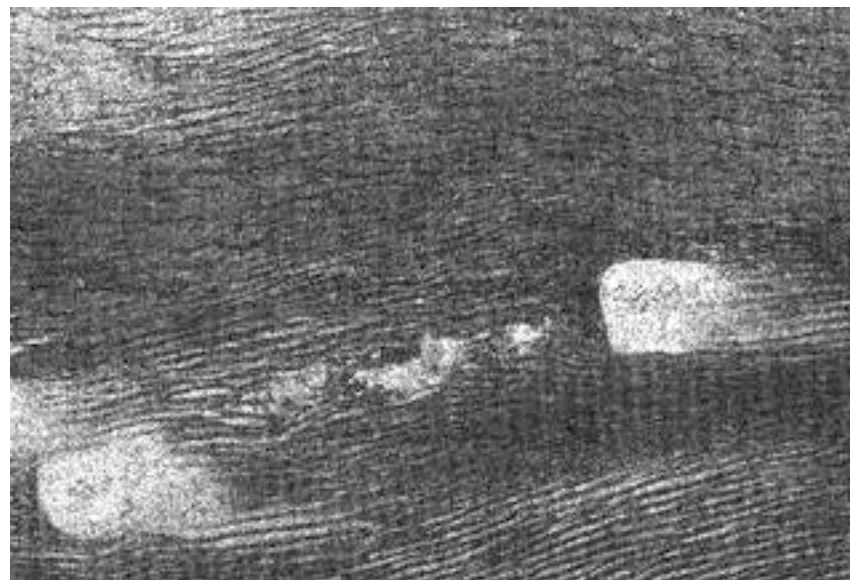
Callisto

- sokgyűrűs medencék: anyagáramlás nyoma
- szinte csak kráterek
- csuszamlások



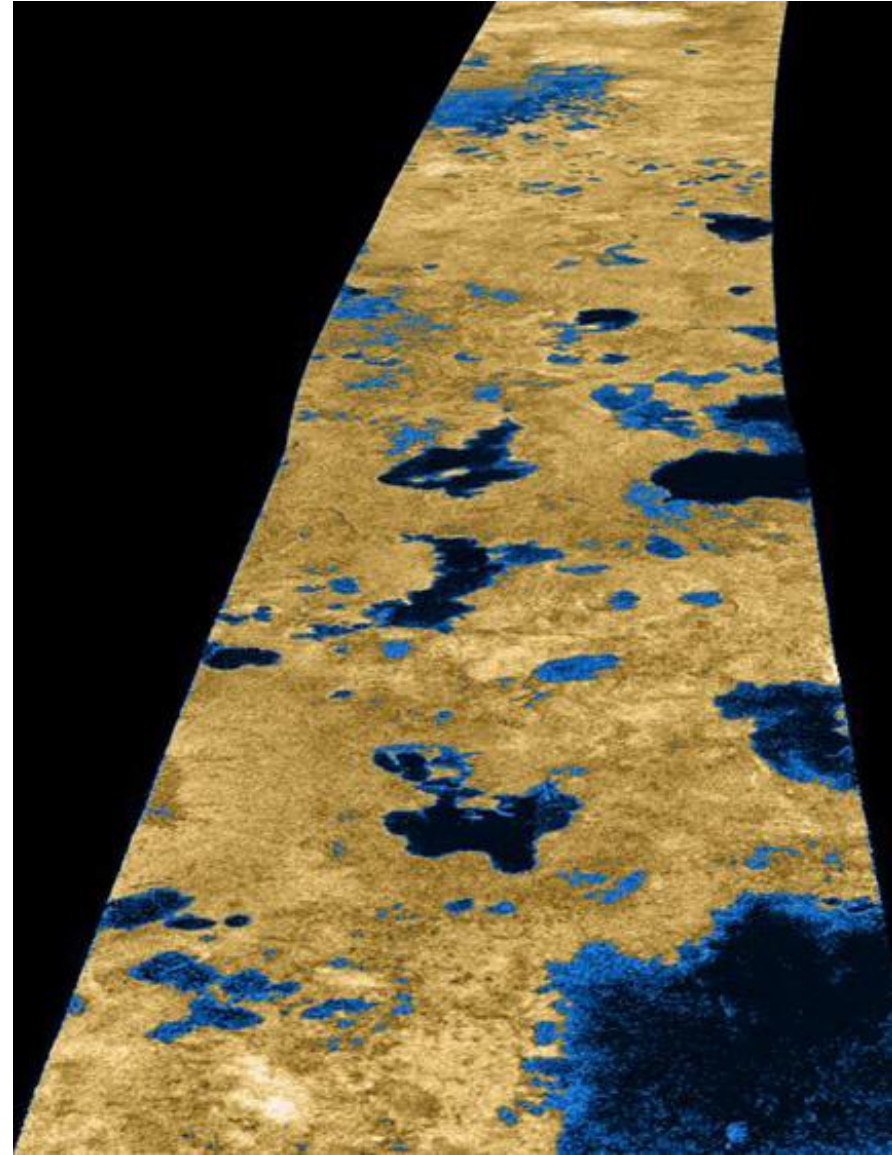
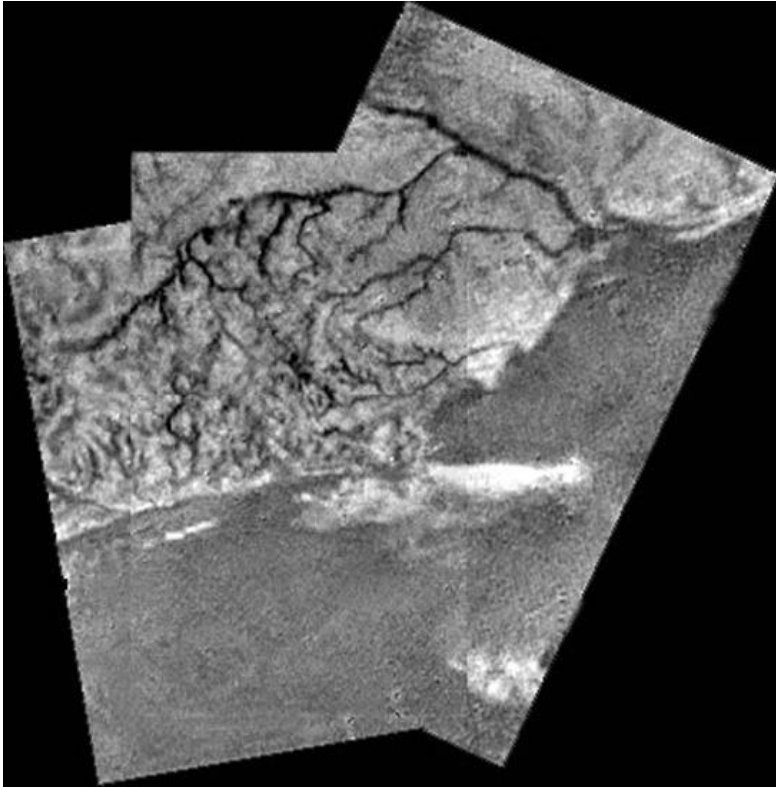
Titan

- jég alatti ammónia-víz óceán
- fiatal felszín
- kriovulkáni nyomok
- jéghegyek dűnék alacsony szélességen



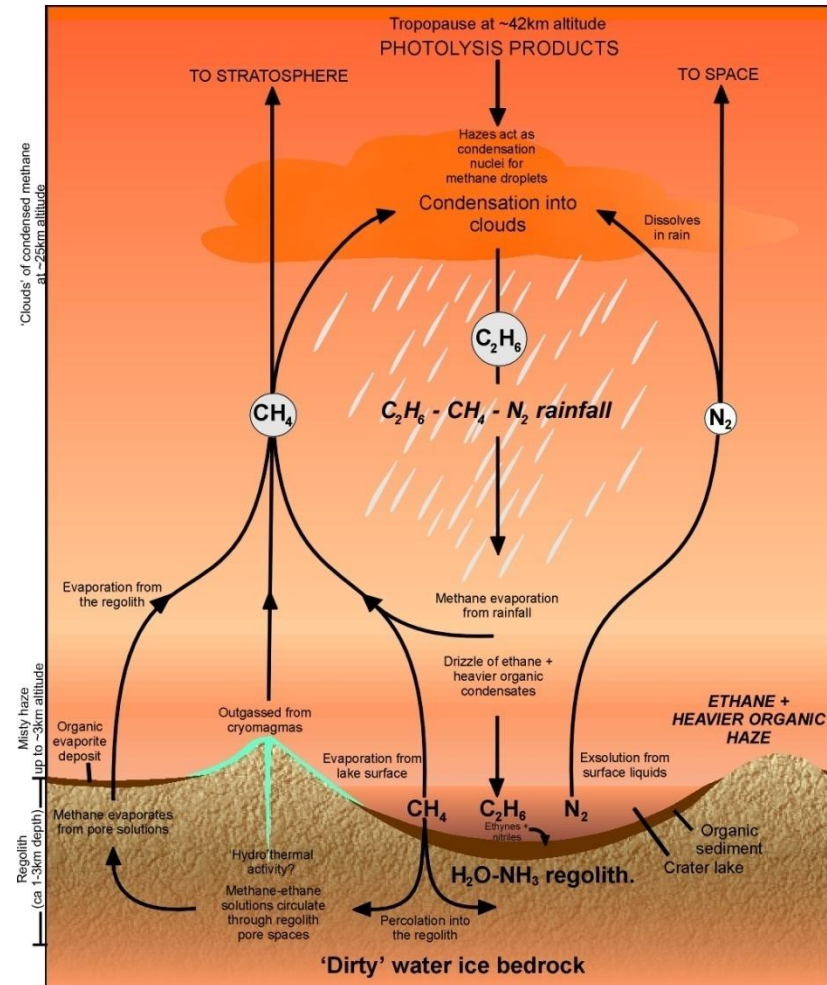
Titan

- jég alatti ammónia-víz óceán
- fiatal felszín
- kriovulkáni nyomok
- jéghomok dűnék alacsony szélességen
- folyóvölgyek
- sarki tavak
- szerves anyaggal feltöltött kiszáradt tavak, tengerek



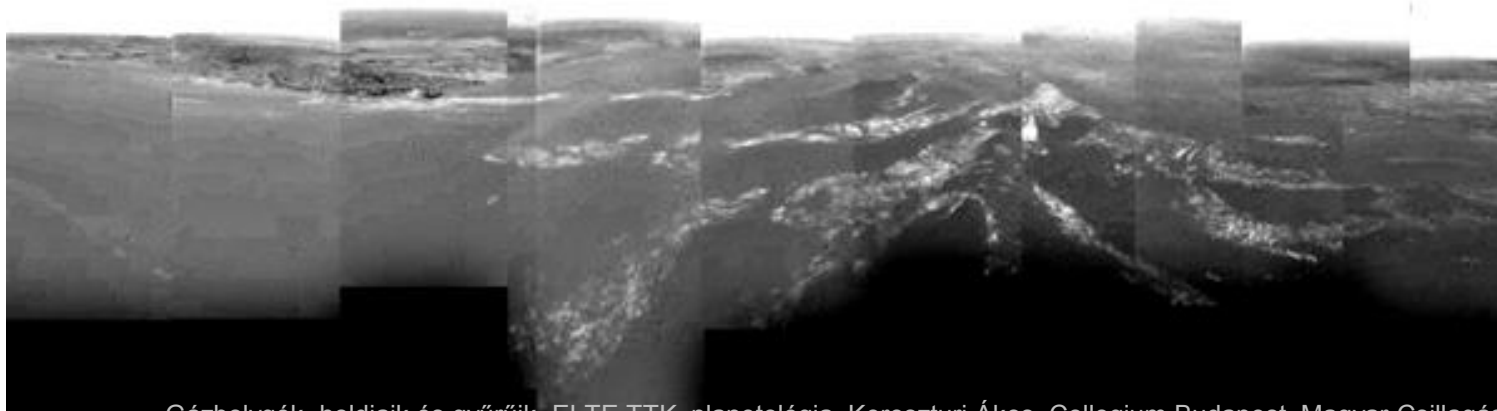
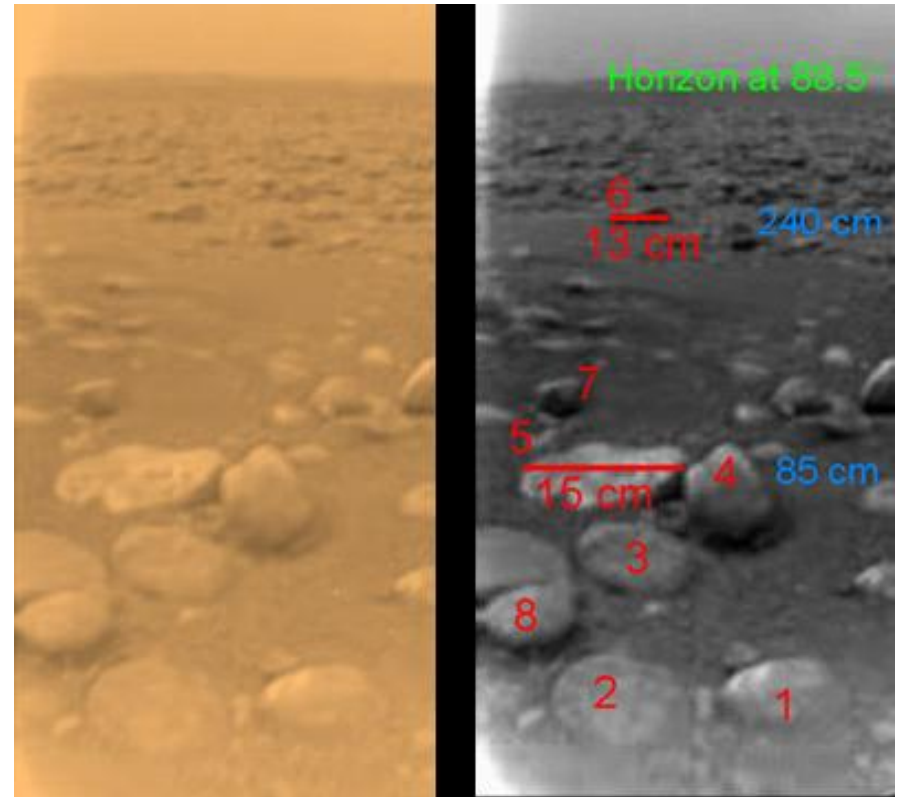
Titan

- vastag N₂ légkör
- gázmennyiség földi 10-szerese
- 2-5% metán
- felszín: folyadék, légkör: felhőt alkot, csapadékként le hullik
- globális metán körforgás
- felsőlégkörben fotokémiai átalakulások
- hosszú szénláncú szerves vegyületek
- elvileg aminosavak is
- földi prebiotikus kémiai fejlődésre emlékeztet?



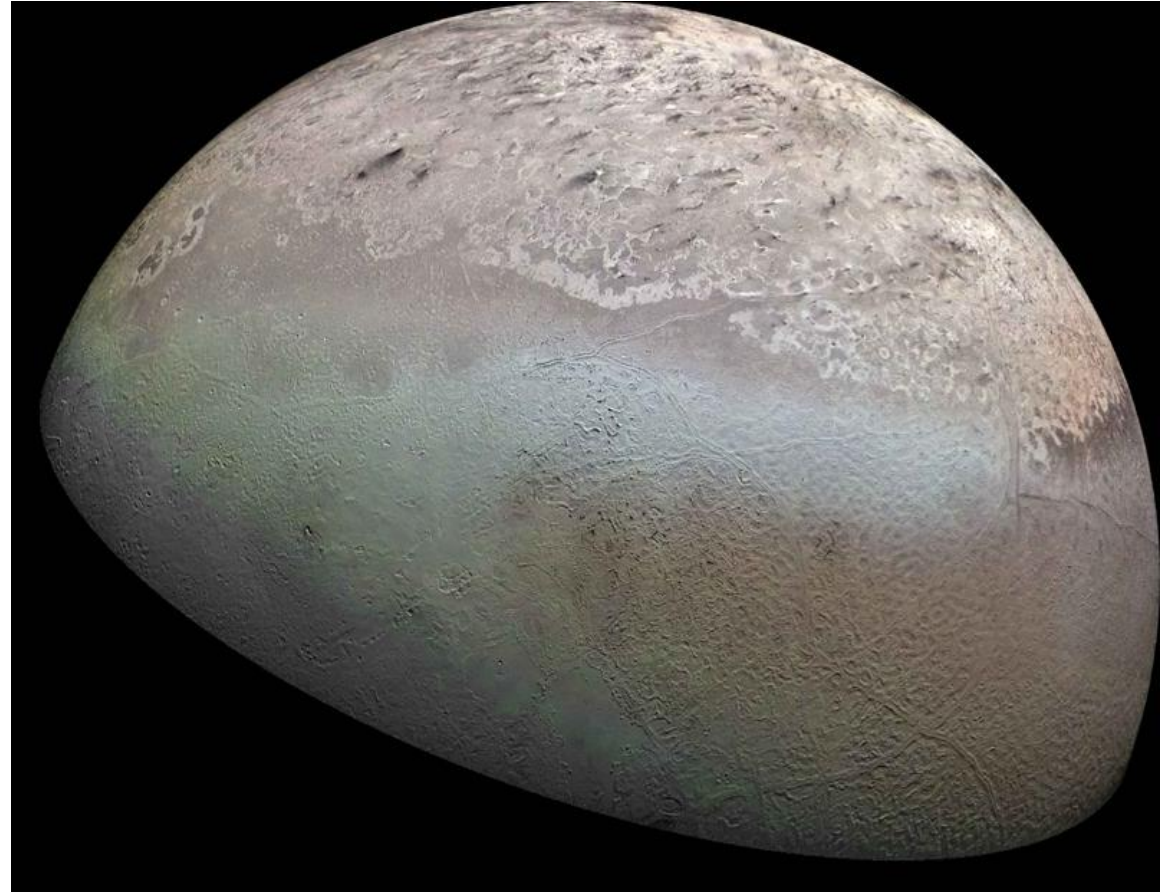
Titan

- európai Huygens-szonda leszállása
- 2005.01.14.
- 2,5 órás leszállás, 4,5 óra élettartam
- szigetek, kiszáradt tengerpartok
- kerekített jég sziklák



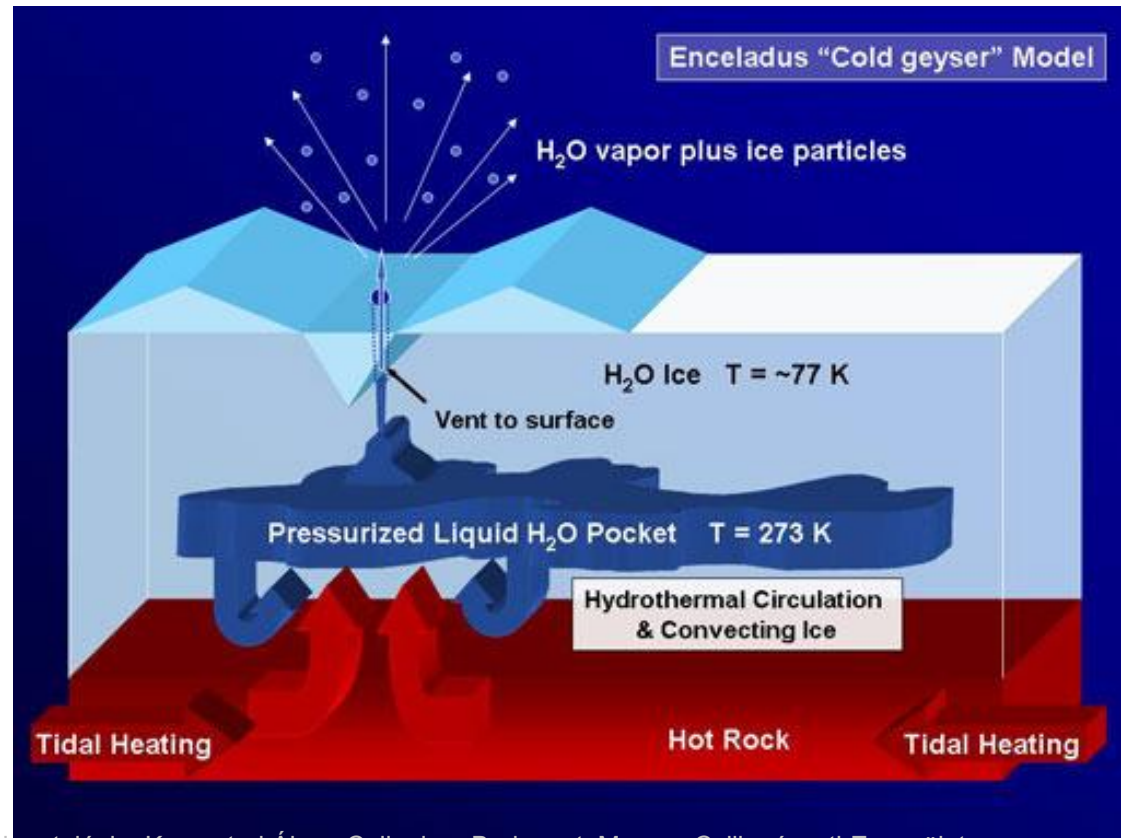
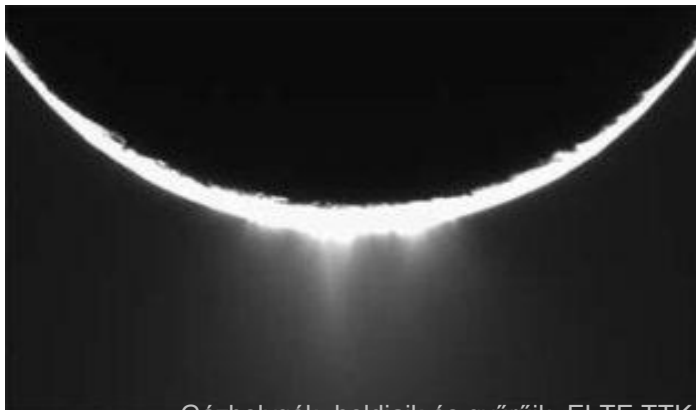
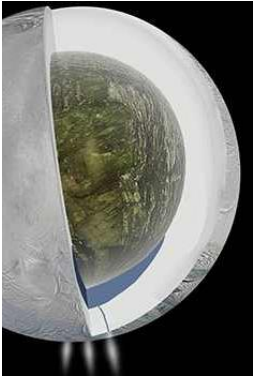
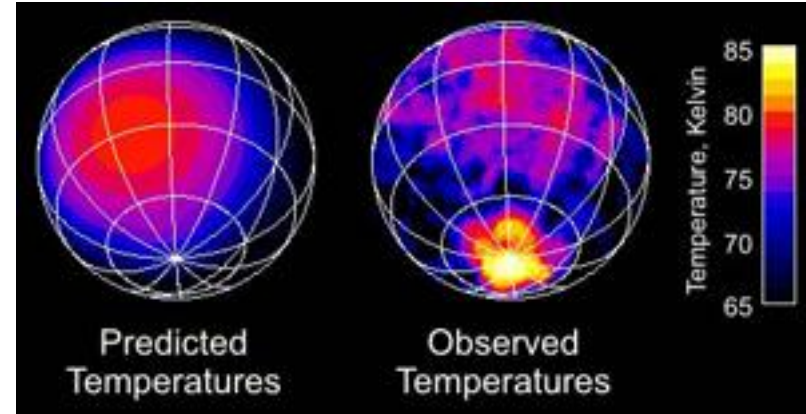
Triton

- nagy, de befogott hold
- nitrogénjég felszín
- ritka nitrogénlégkör
- felszín alól előtörő, gejzír jellegű központok
- krioláva síkságok



Enceladus

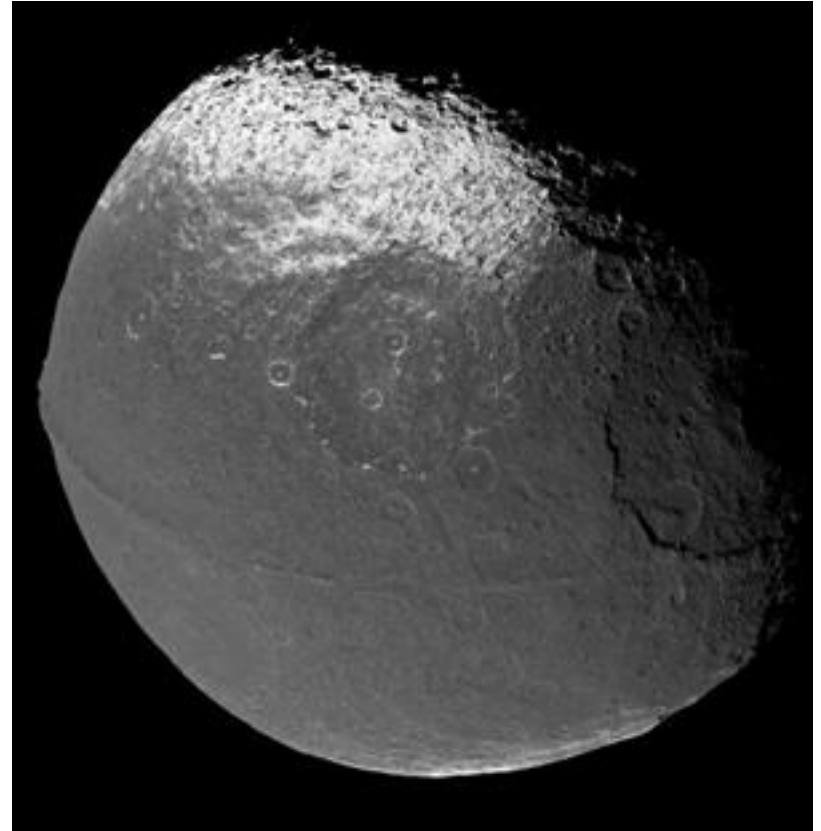
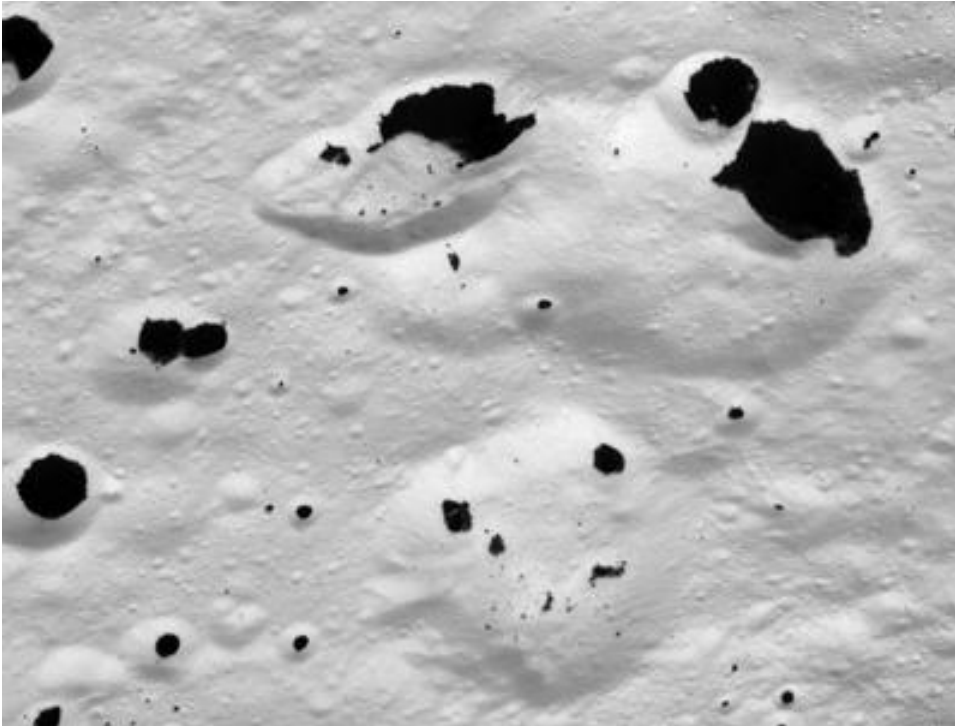
- árapály fűtés
- fiatal, meleg repedések a déli sarkvidéken
- repedésekből vízgőz, vízjég spriccel ki
- E-gyűrű anyagát pótolja
- 2-4 nm szilikát töltelített oldatból 90 °C-on
- felszín alatti folyadék
- grav perturb.: 30-40 km mélyen 10 km vastag



Érdekességek

Iapetus

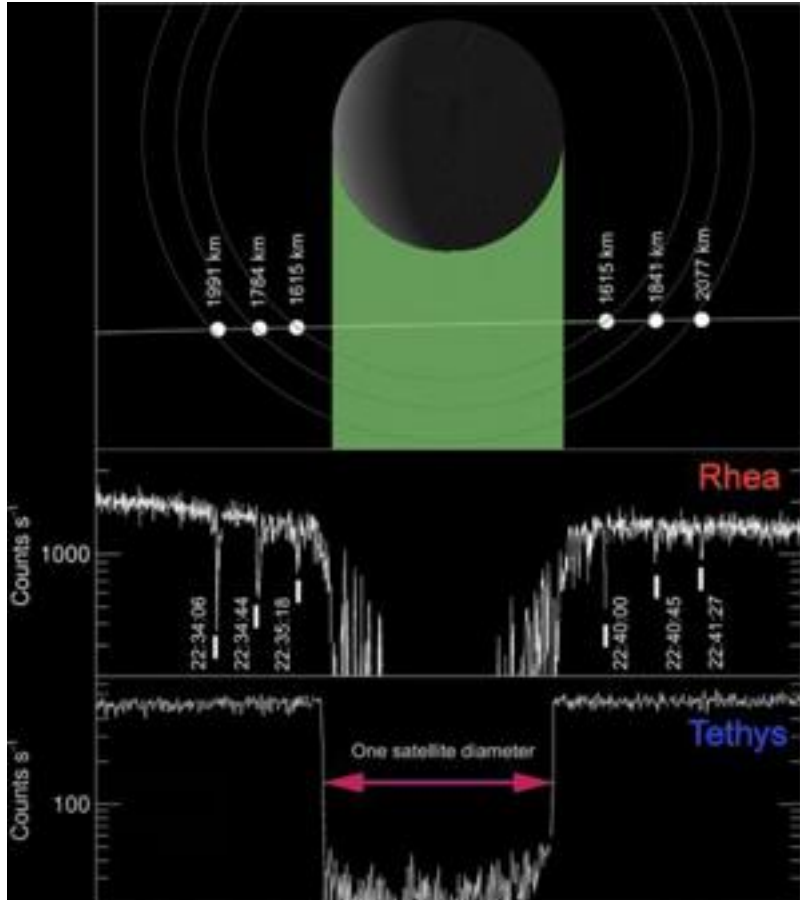
- vezető/követő félteke erős albedo különbség
- egyenlítői gerinc
- behulló anyag + átalakulás?
- krovulkanizmus?



Érdekességek

Rhea

- gyűrű
- 1600-6000 km távol
- cm, mm-es szemcsék
- stabil pálya?



Érdekességek

Prometheus

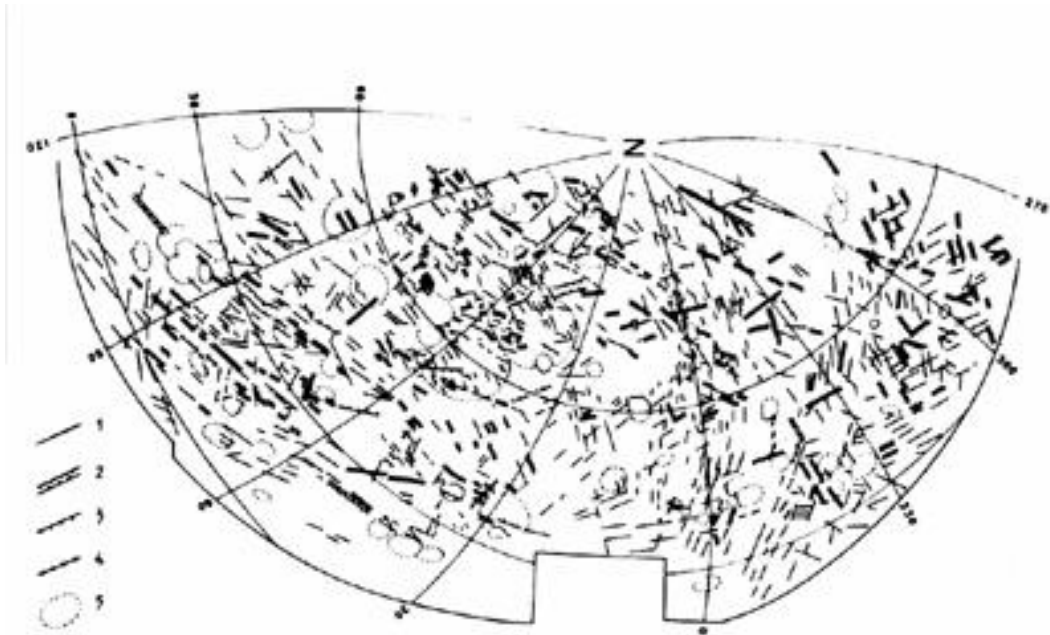
- szivacsos belső
- furcsa kráterek



Érdekességek

Rhea

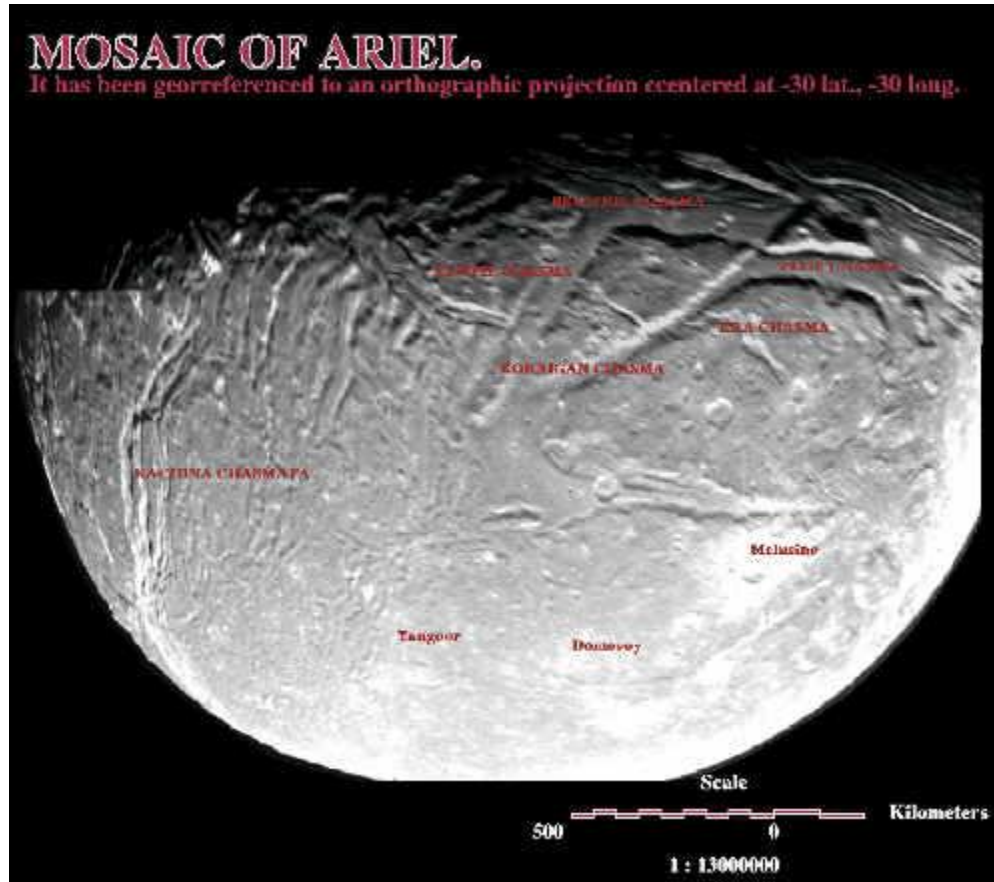
- globális tektonikus mintázat
- árapály lassulástól és torzulástól?



Érdekességek

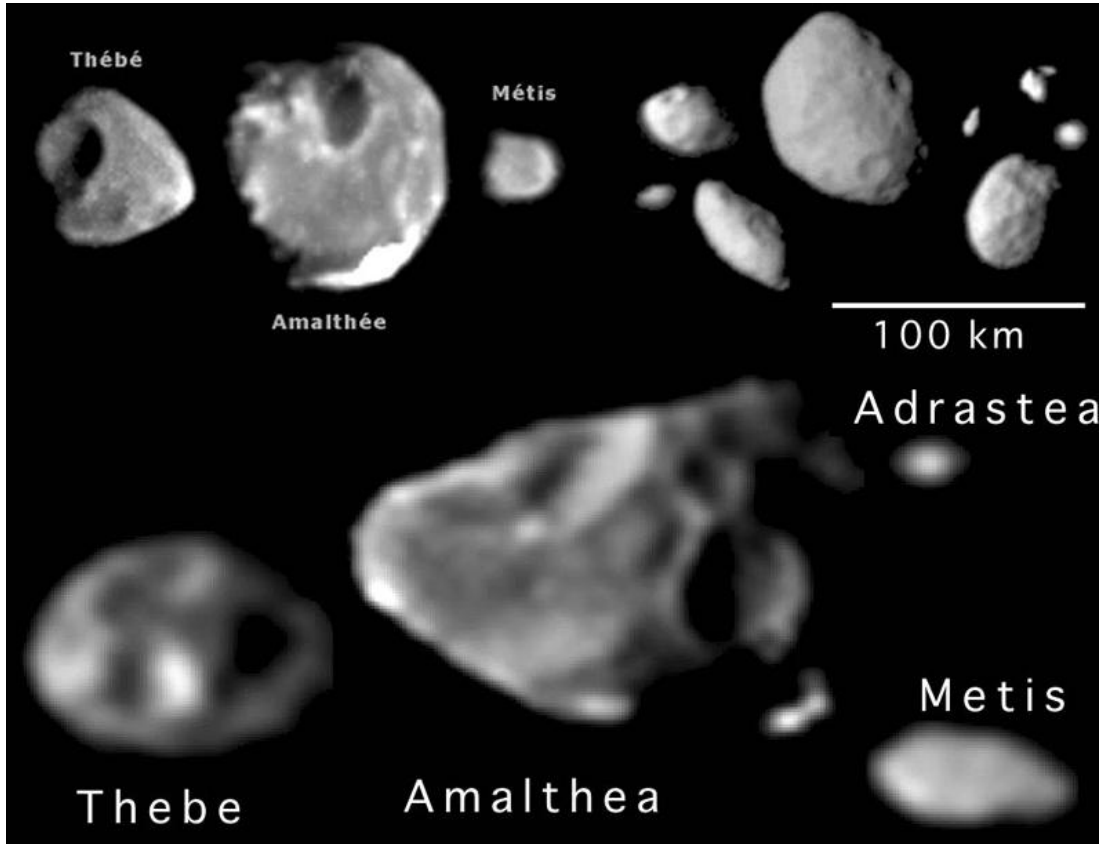
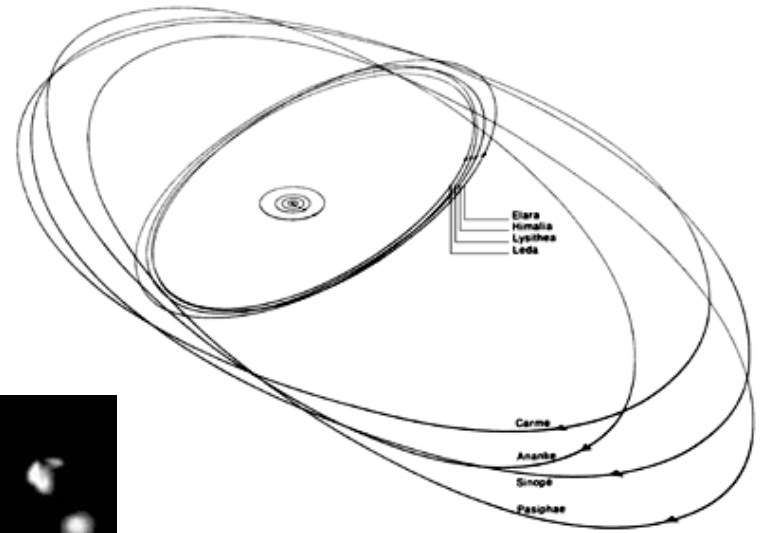
Ariel

- fagyásos tágulás
- felszín szétrepedés



Apró holdak

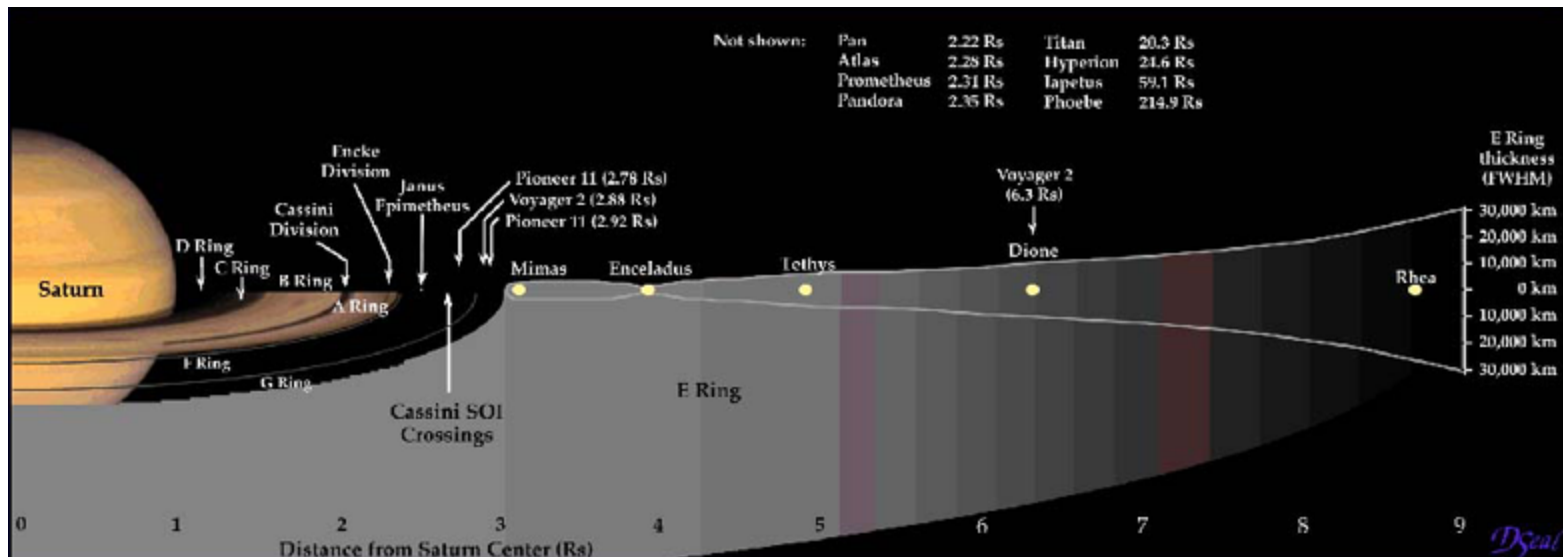
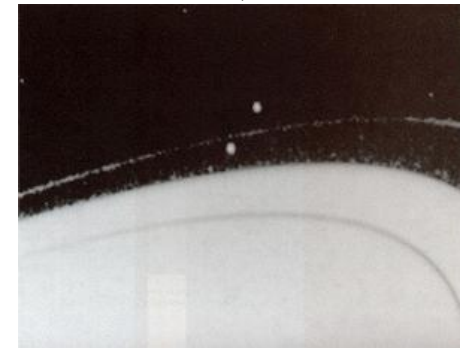
- belső törmelékholdak (becsapódásos töredezés)
- külső befogott holdak (csoportok, korábbi objektum szétdarabolódása)



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

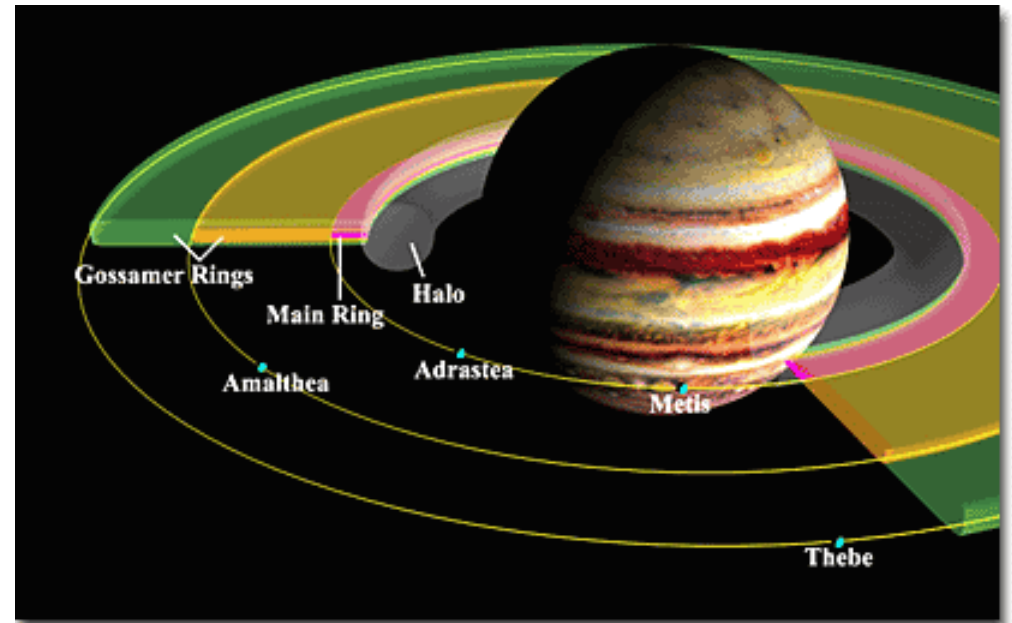
- bolygó egyenlítői síkjában
- rendkívül vékony (100-1000 m vastag)
- összetett szerkezet
- tömeg: Szaturnusznál 100 km-es holddal, máshol 1 km-es holddal egyenértékű
- egy-egy gyűrű lehatárolása nehéz
- különálló szemcsékből állnak, mindegyik saját pályán mozog
- szoros kapcsolat a holdakkal
 - anyaguk eloszlását pályarezonanciák befolyásolják
 - anyagukat holdak töredezése adja
 - anyaguk eloszlását terelőholdak is befolyásolják

Szaturnusz F-gyűrű,
Prometheus, Pandora



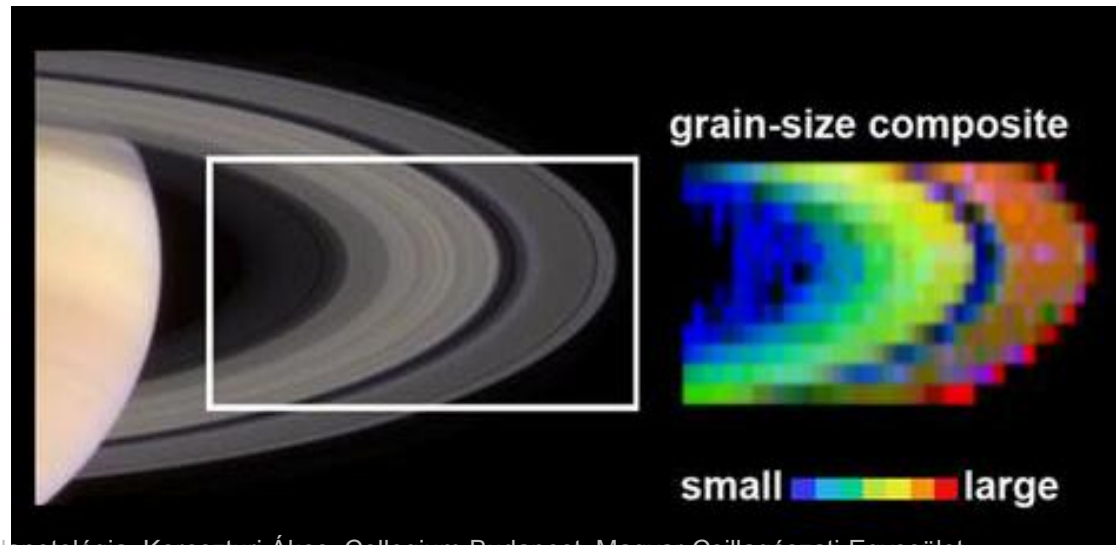
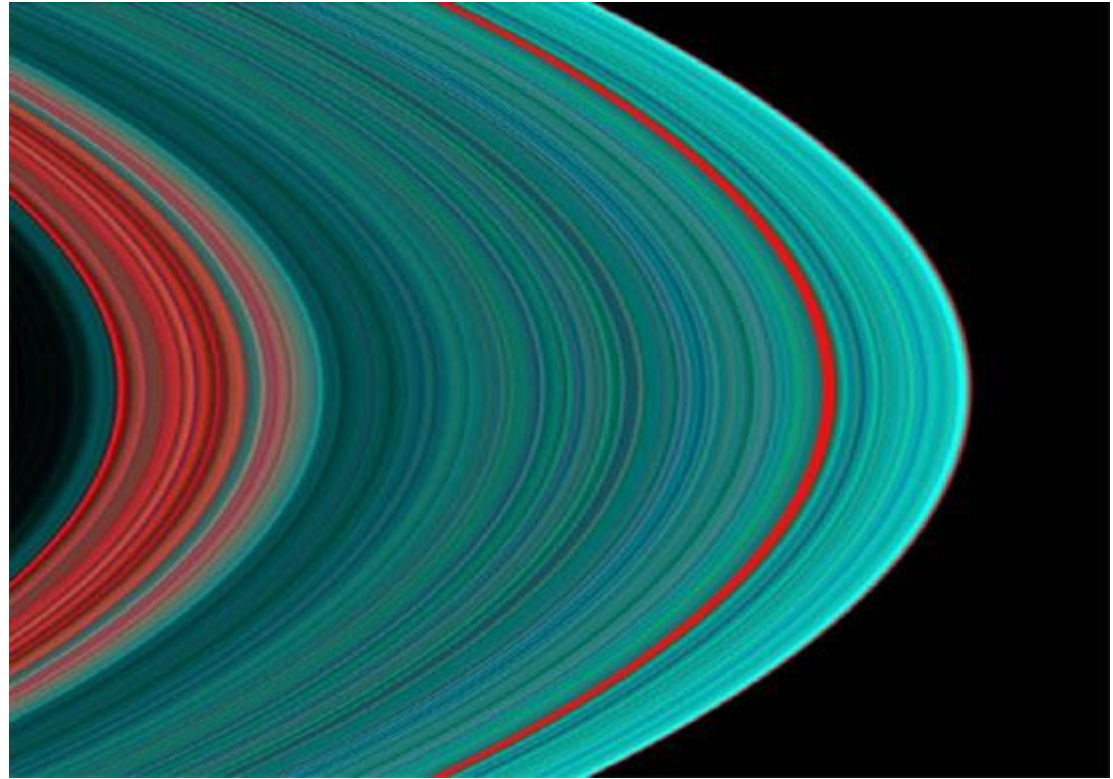
Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Jupiter
 - gyűrűk holdaknál sűrűsödnek



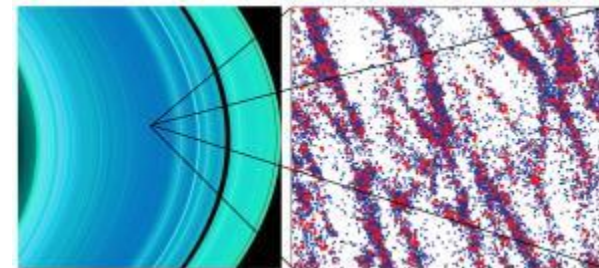
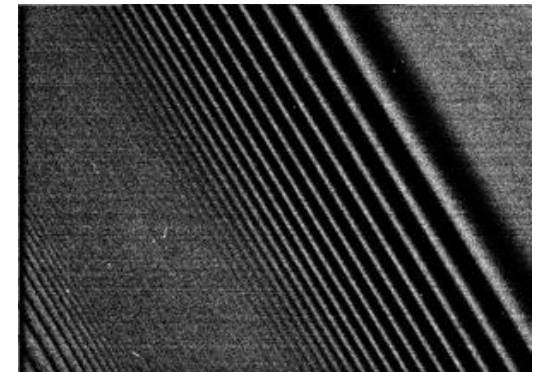
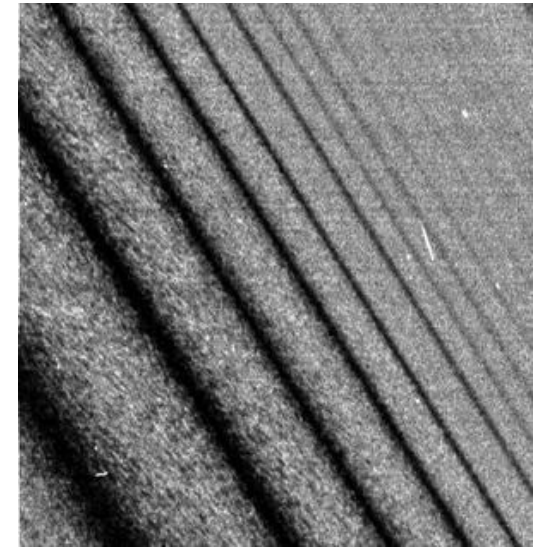
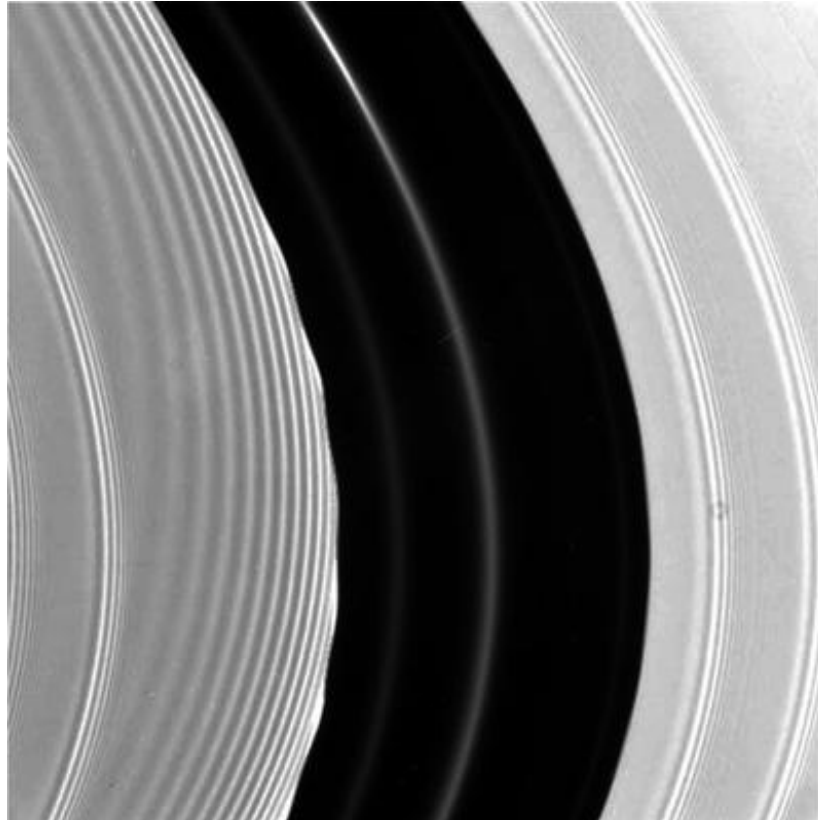
Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Szaturnusz
 - eltérő jég/szilikát arányú részek → eltérő eredet



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

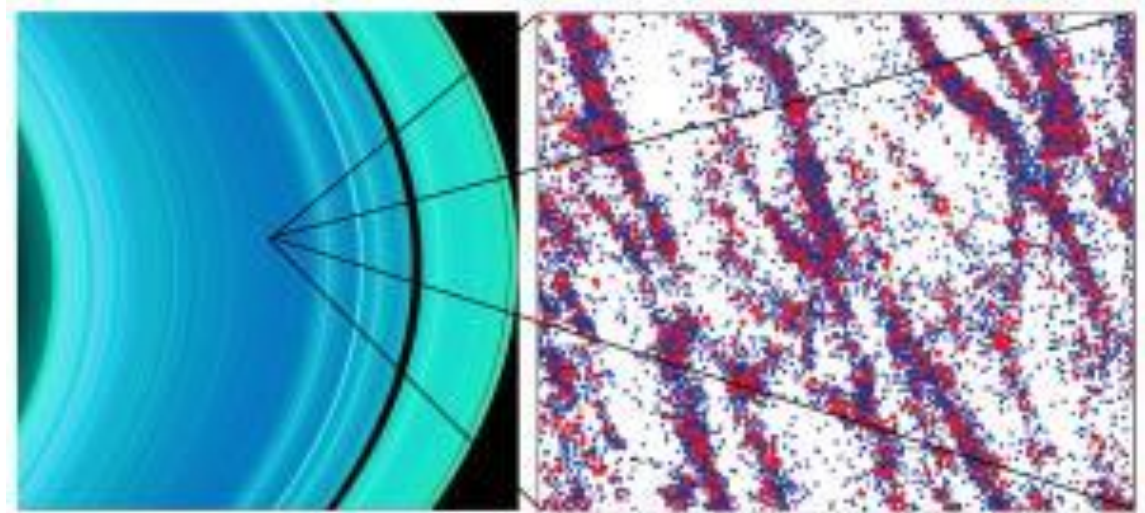
- Szaturnusz
 - eltérő jég/szilikát arányú részek → eltérő eredet
 - rezonanciák, hullámok



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Szaturnusz

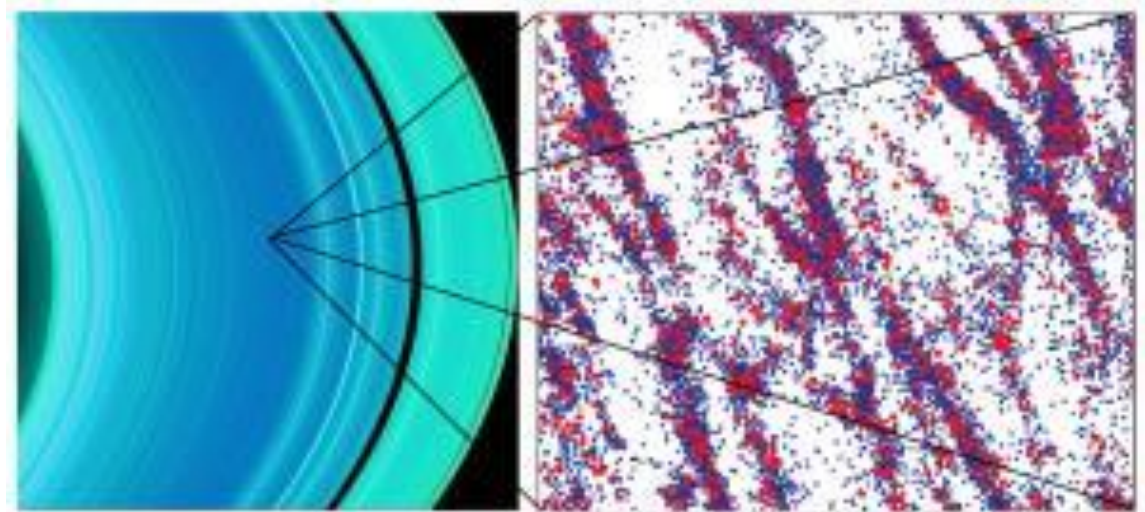
- eltérő jég/szilikát arányú részek → eltérő eredet
- rezonanciák, hullámok
- 10-100 m-es összetapadt / szétszakadt testek, dinamikus egyensúlyban



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Szaturnusz

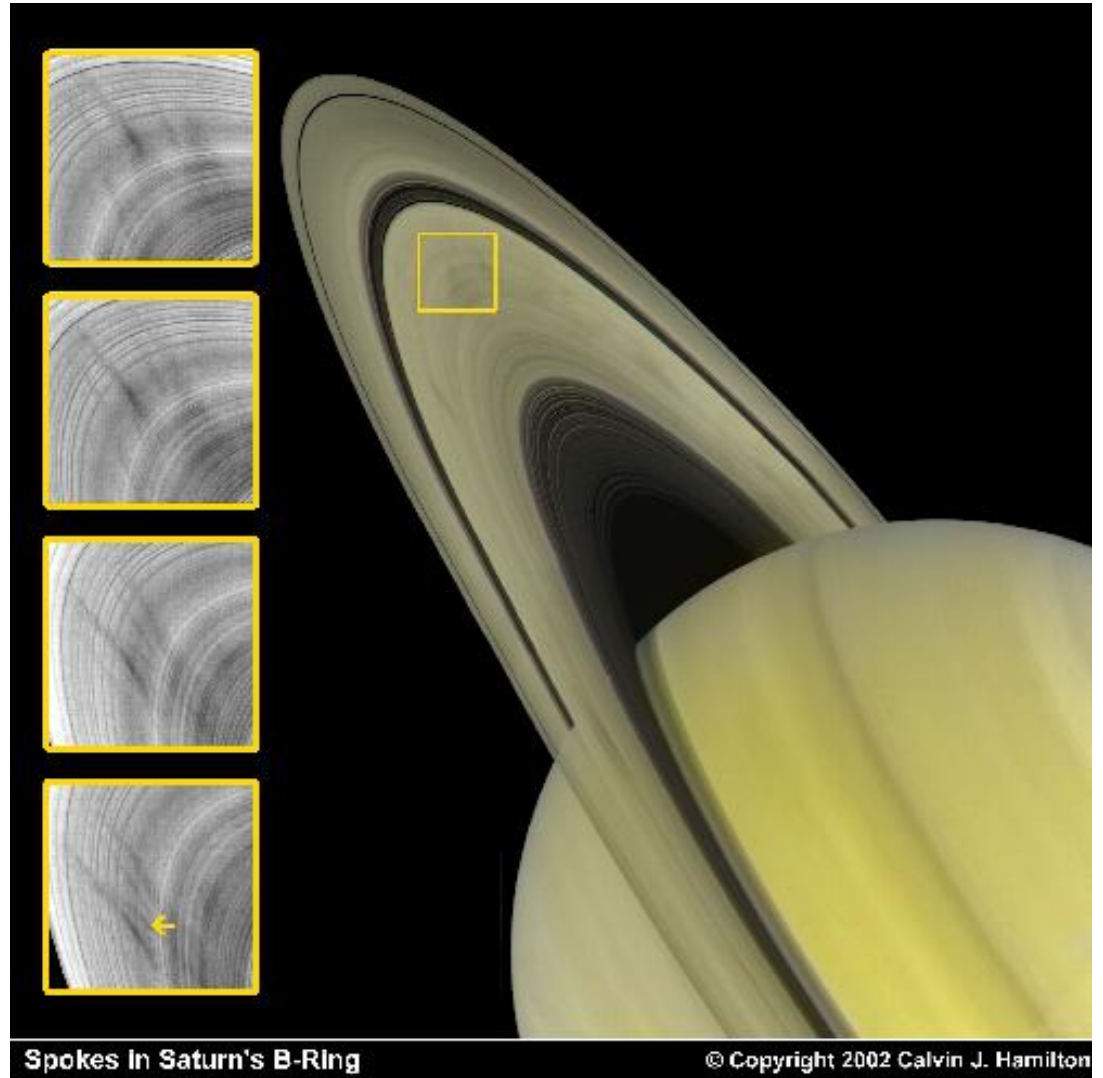
- eltérő jég/szilikát arányú részek → eltérő eredet
- rezonanciák, hullámok
- 10-100 m-es összetapadt / szétszakadt testek, dinamikus egyensúlyban
- terelőholdakkal aktív kölcsönhatások (pl. Prometheus periodikus zavarkeltés)



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Szaturnusz

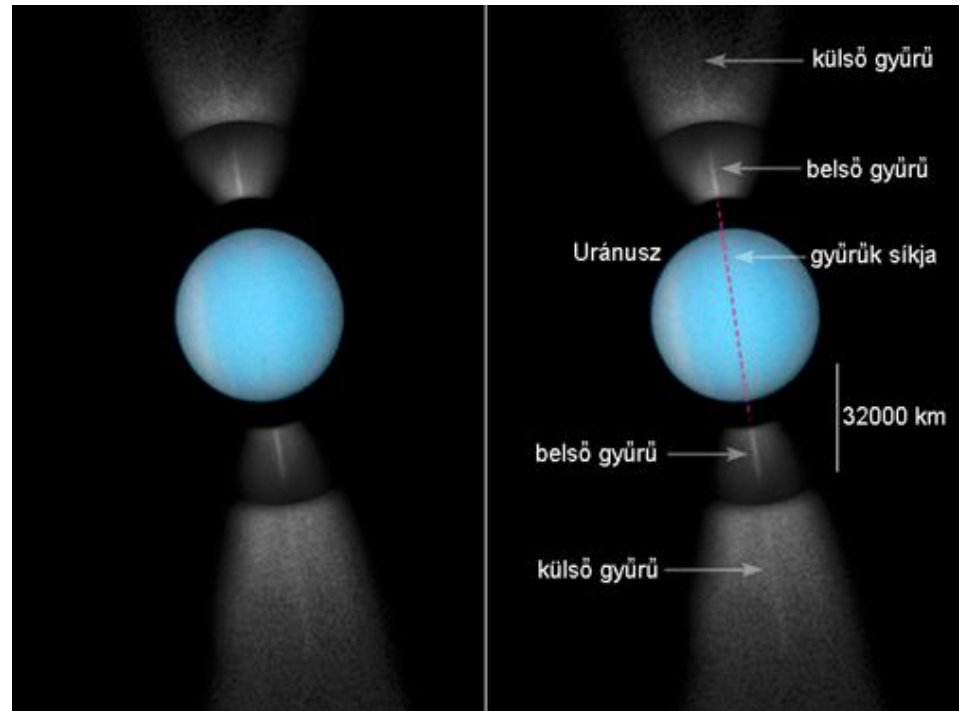
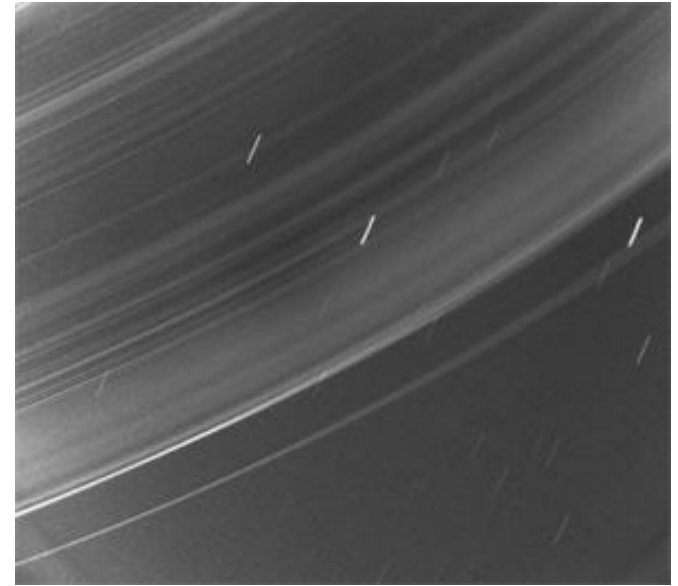
- eltérő jég/szilikát arányú részek → eltérő eredet
- rezonanciák, hullámok
- 10-100 m-es összetapadt / szétszakadt testek, dinamikus egyensúlyban
- terelőholdakkal aktív kölcsönhatások (pl. Prometheus periodikus zavarkeltés)
- küllők:
 - látszólag összefüggő radiális szerkezet képződmények
 - valójában mágneses erővonalak mentén orientált szemcsék



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

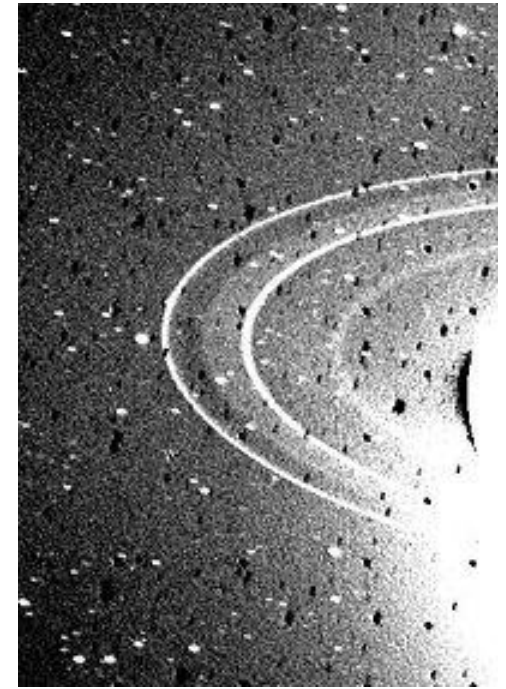
- Uránusz

- sötét (szerves anyag?)
- halvány
- vékony, zsinórszerű



Gyűrűk, gyűrűrendszerek

- Neptunusz
 - sötét, halvány
 - gyűrűívek Galatea perturbációjától



Holdrendszerek fejlődésének eltérése a bolygórendszerekétől

- óriásbolygó kezdeti erős hősugárzás
- napszéltől védő magnetoszféra
- erős pályarezonanciák, árapályfűtés
- sok kölcsönható égitest → változékony viszonyok → összetett fejlődés
- intenzív holdak közötti anyagcsere
- hold-bolygó anyagcsere erővonalak mentén
- anyagkidobódás
 - tórusz képződés, magnetoszféra feltöltése részecskékkel
 - gyűrűk utánpótlása
 - anyag hullása többi holdra és óriásbolygóra
- aszimmetrikus magnetoszférikus bombázás a holdaknál
- vezető/követő oldal eltérő meteorikus bombázása a holdaknál