

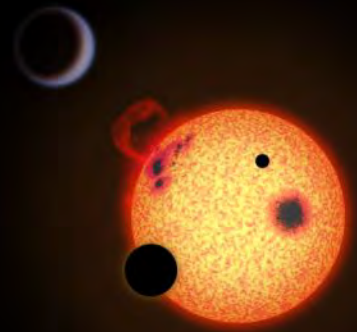
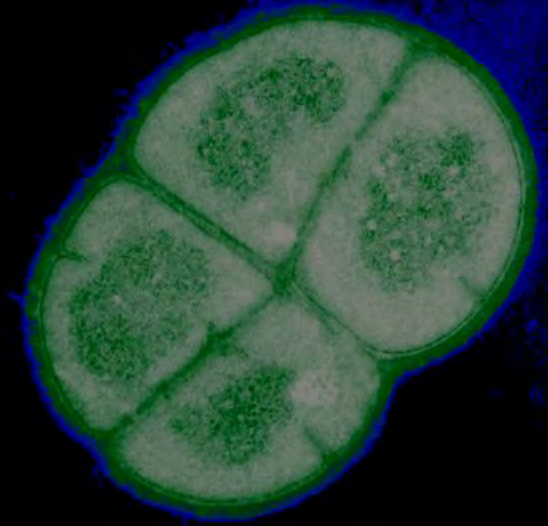
Světy ohně a ledu

Průvodce po exotických světech
Sluneční soustavy

Tomáš Petrásek, 2013

Astrobiologie

- Věda o životě na jiných světech
 - a) Hledání limitů života na Zemi
 - b) Definování života jako fenoménu
 - c) Pátrání po obyvatelných podmínkách na jiných světech
 - d) Detekce mimozemských organismů



Astrobiologie

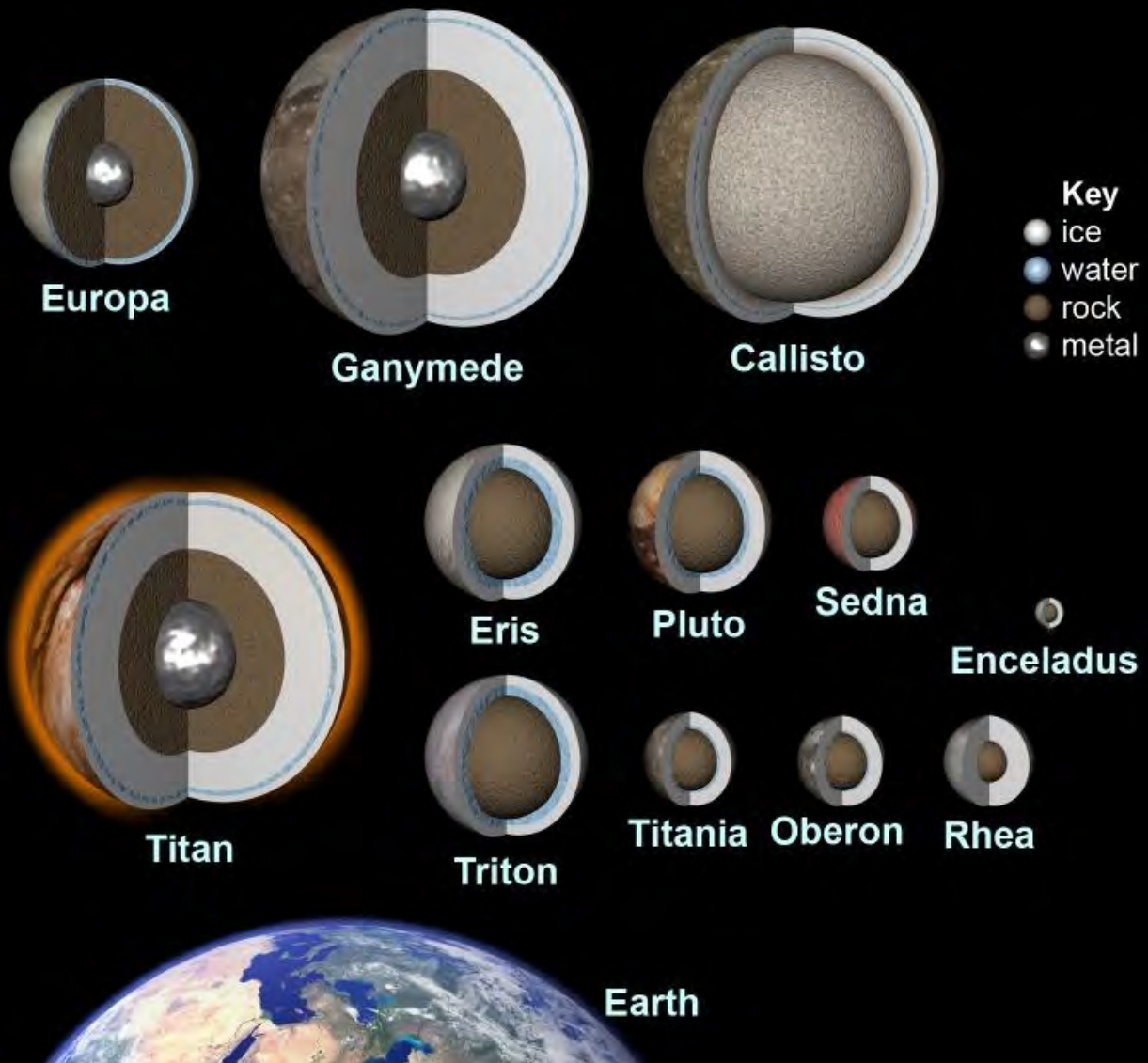
= hledání vody na Marsu ????



Vnější sluneční soustava

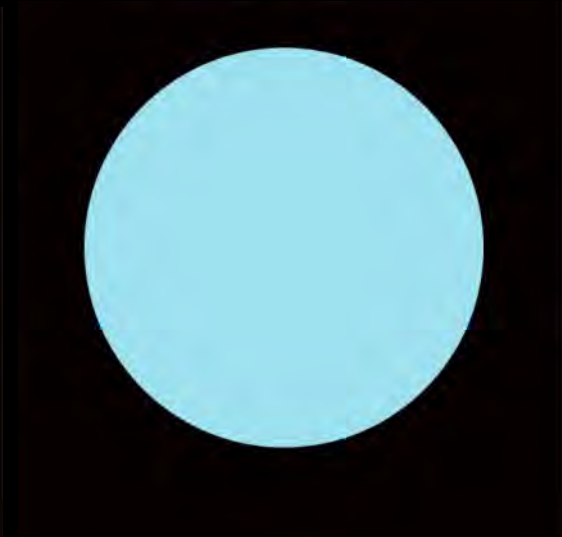
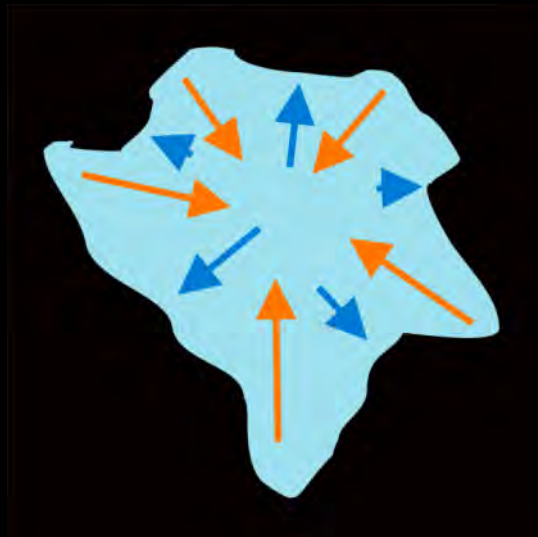
- Plynní obři, „ledoví obři“
- Io
- Ledové měsíce
- Transneptunická tělesa

Ledová tělesa Sluneční soustavy

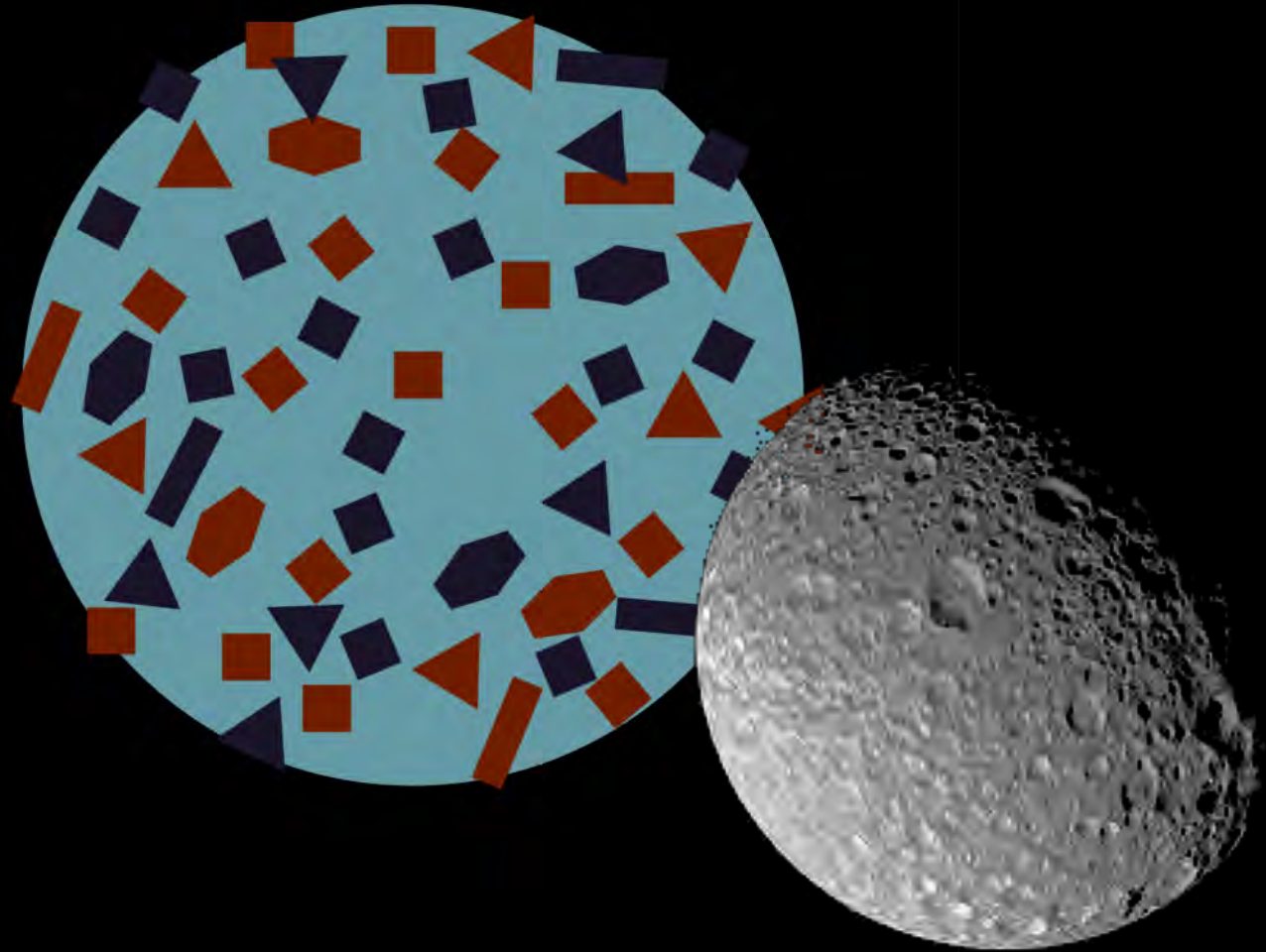


Ledová tělesa Sluneční soustavy

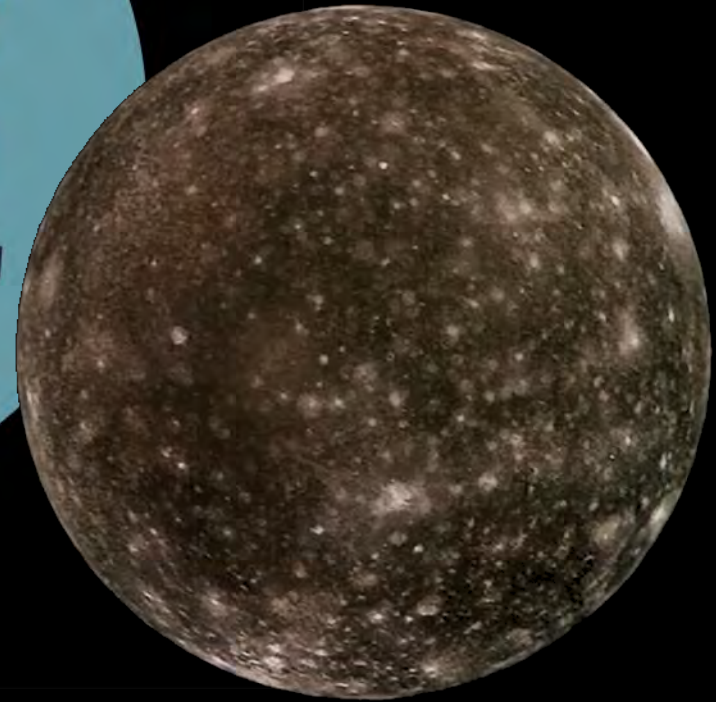
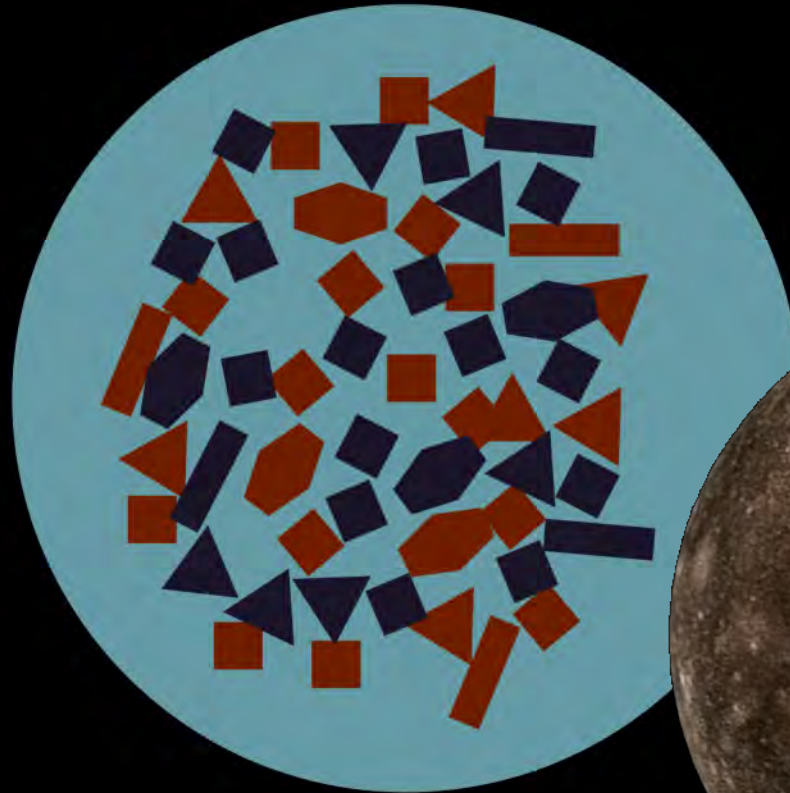
- Komety, planetky, kentauři
- Trpasličí planety
- Satelity
- Složení



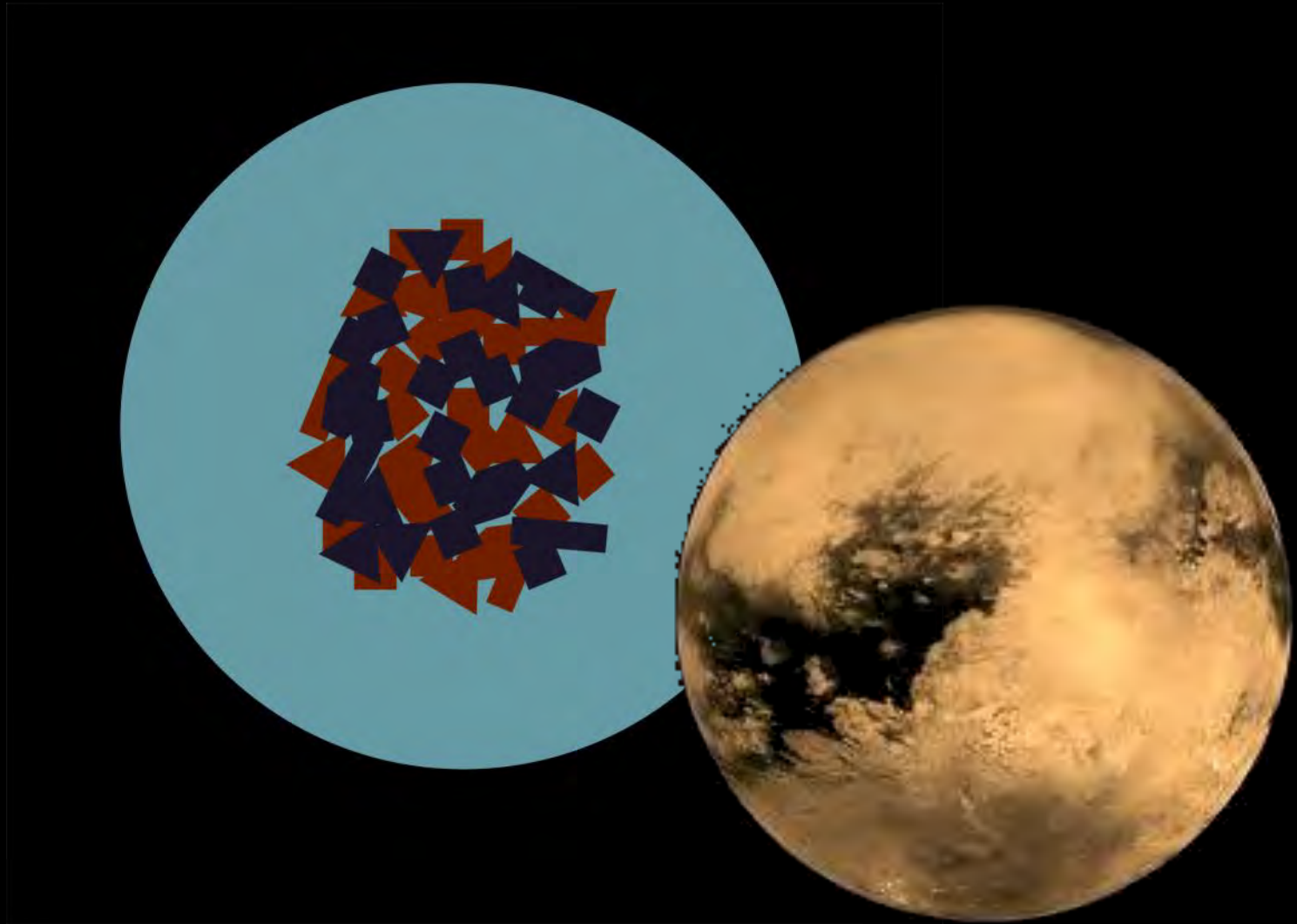
Diferenciace



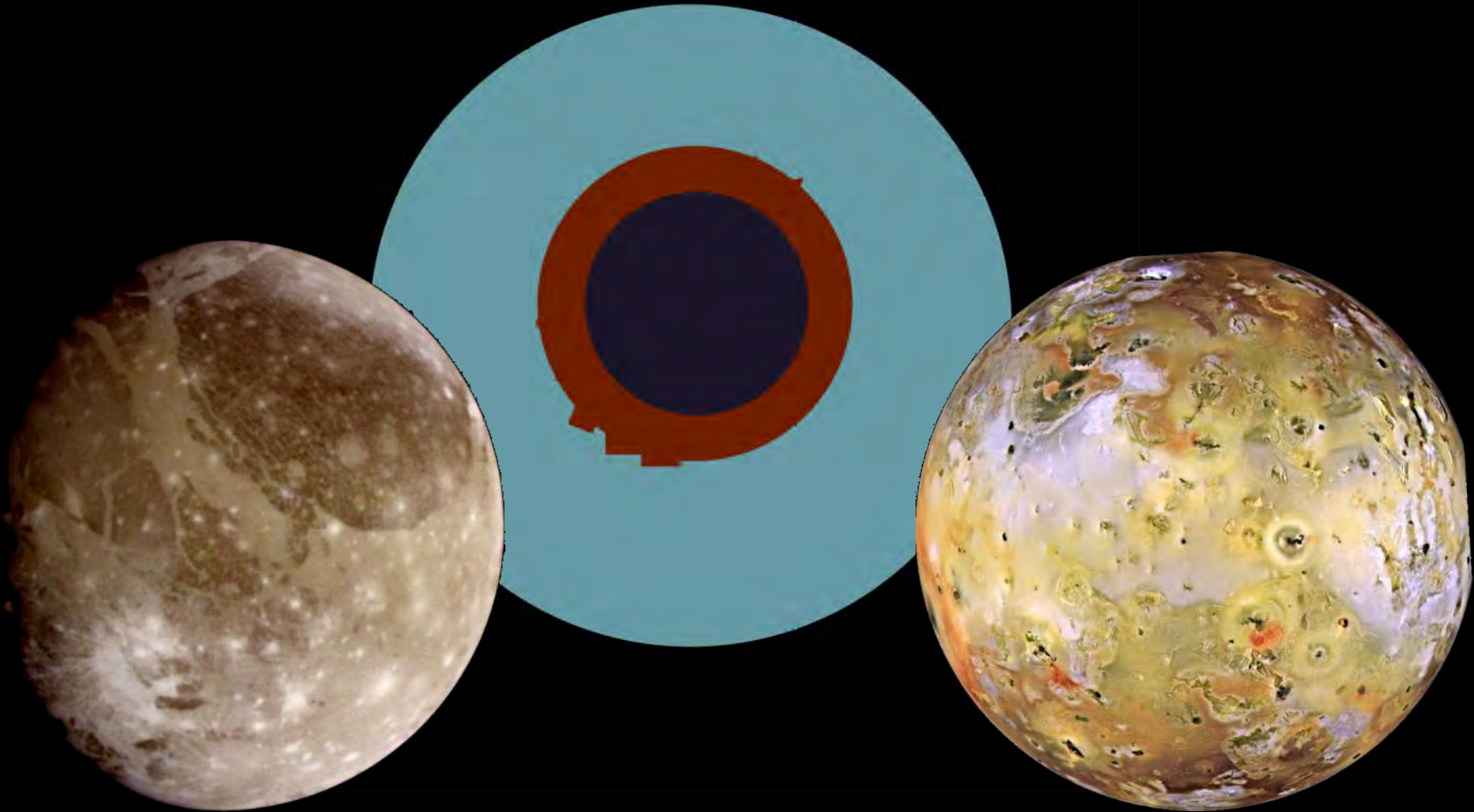
Diferenciace



Diferenciace



Diferenciace



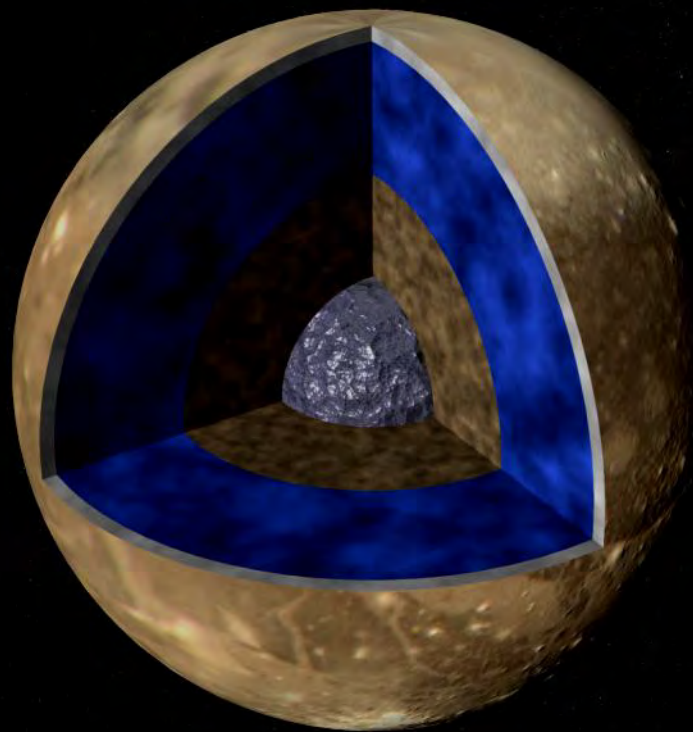
Zdroje energie na ledových tělesech



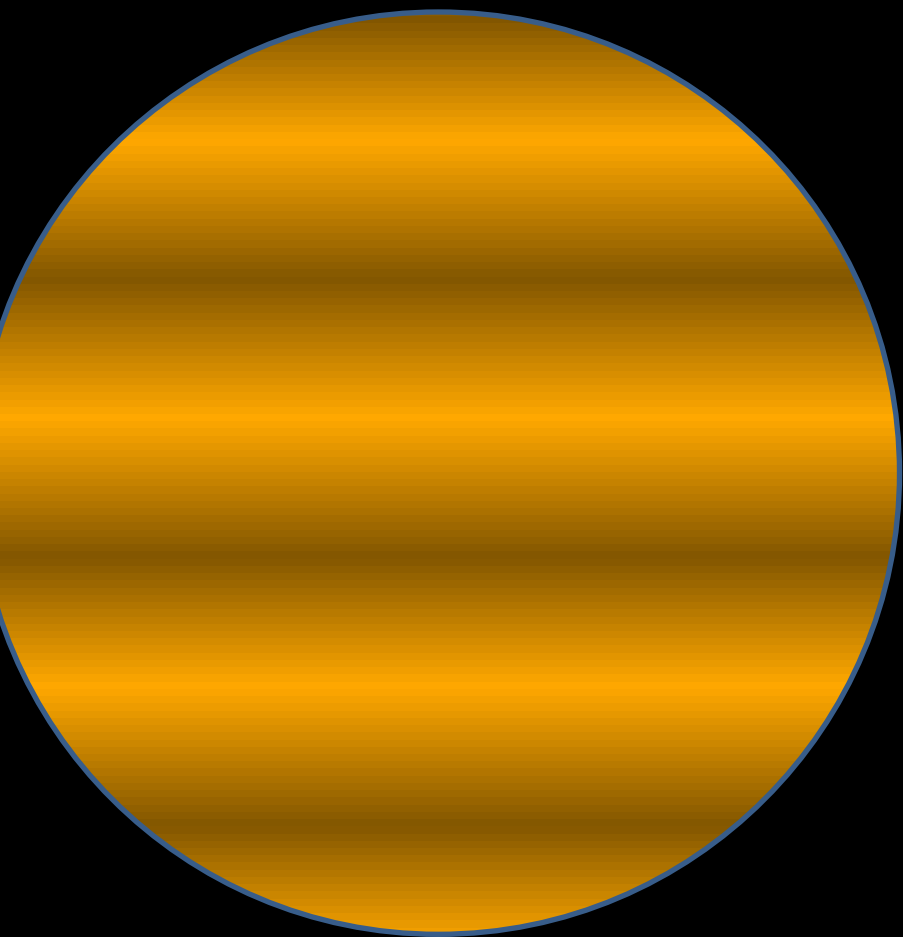


Radiogenní ohřev

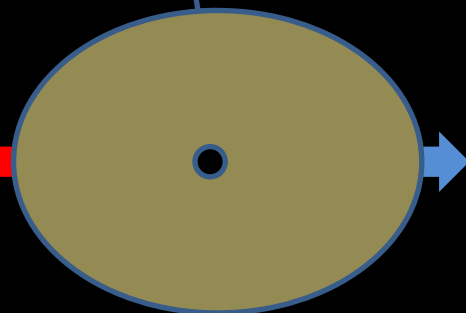
- Zdroje
- Úměrný hmotnosti
- Úbytek s časem



Slapové síly

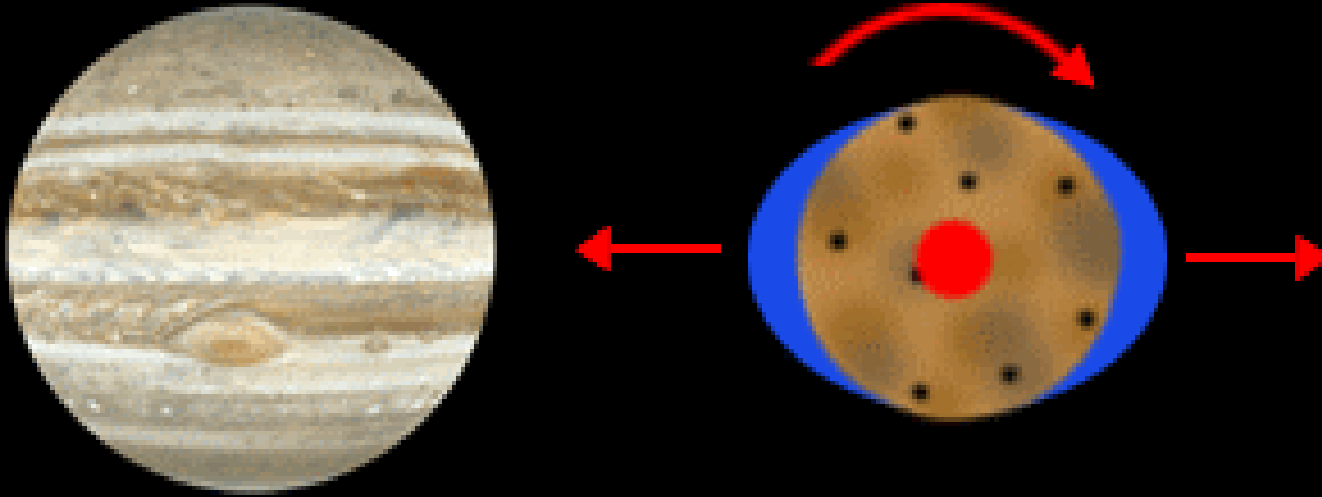


Gravitační síla



Odstředivá síla

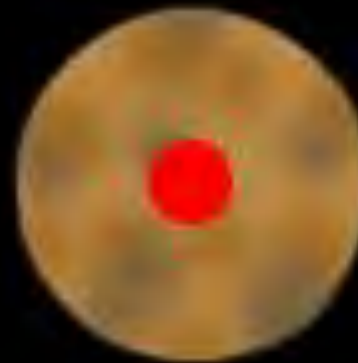
Slapové síly



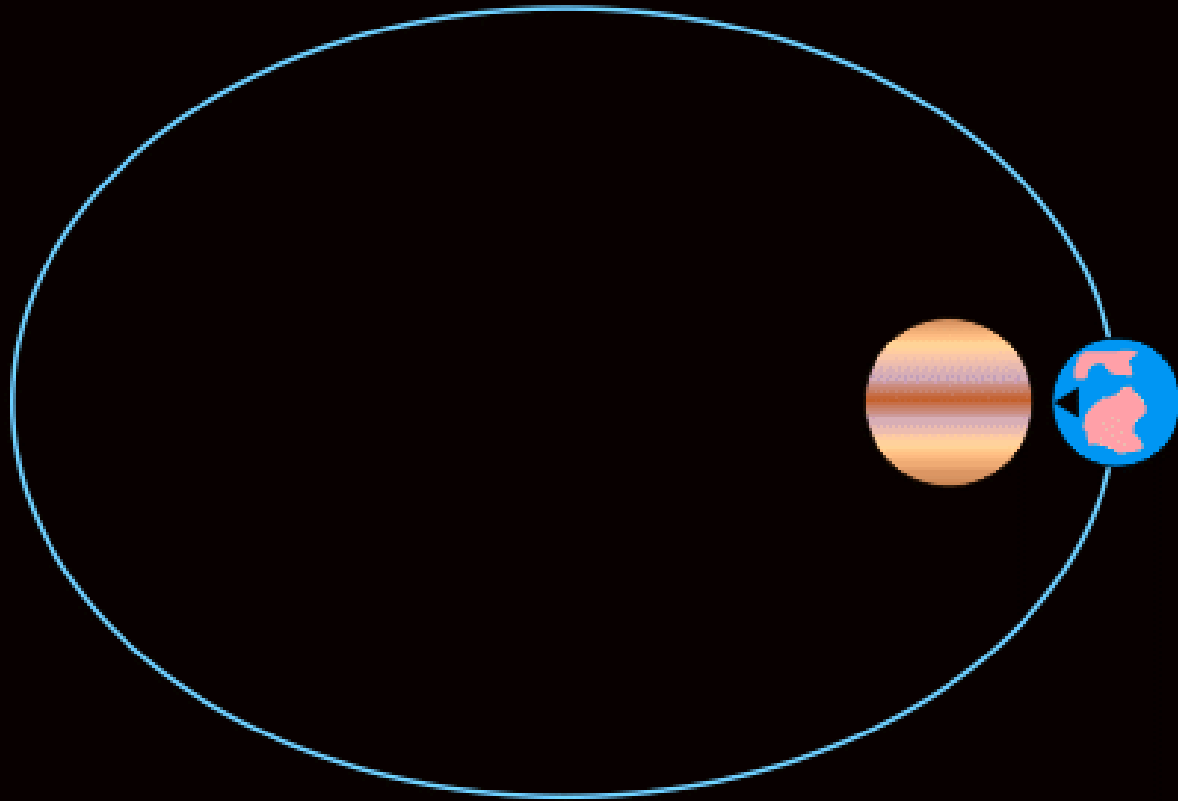
- Skalní a oceánský příliv
- **Vázaná rotace**

Slapové síly

- Keplerovy zákony
- Slapový rozptyl
- Cirkularizace
- Závislost na viskozitě

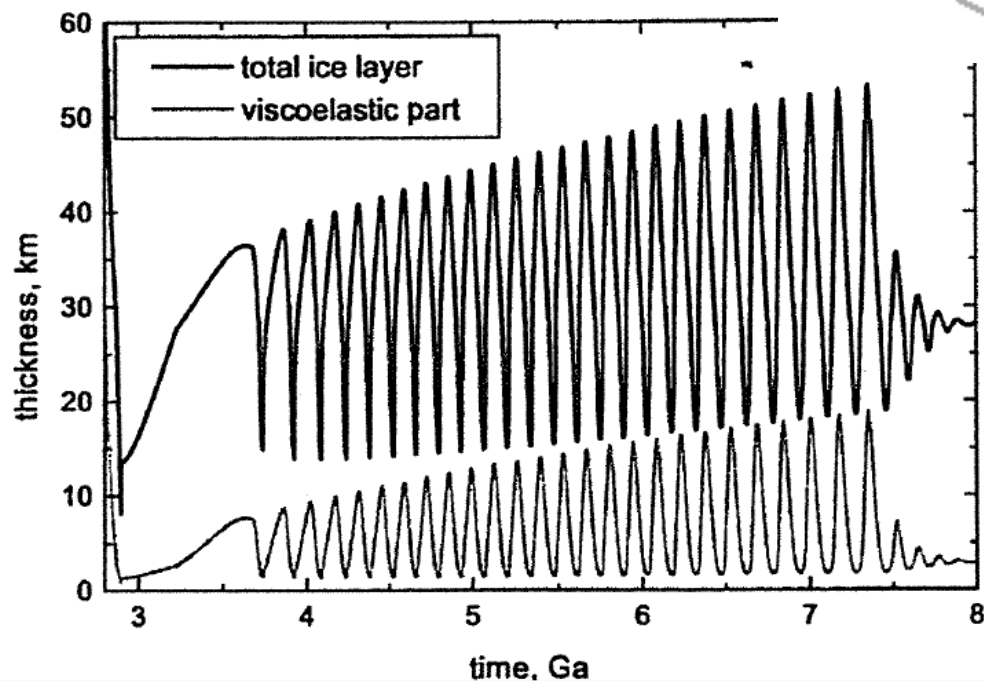
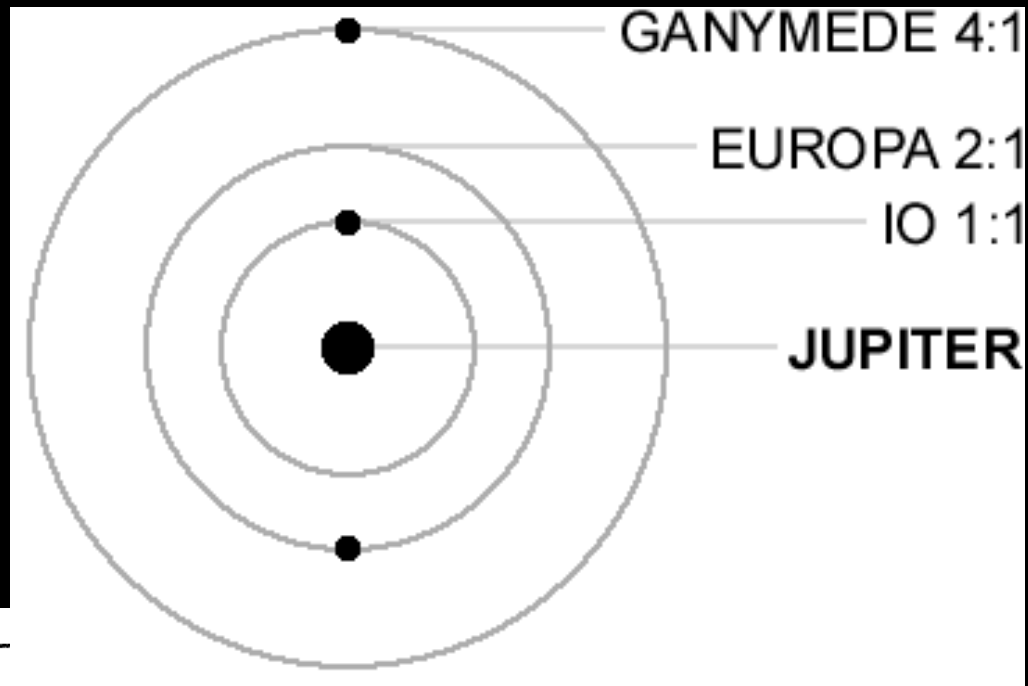


Slapové síly



Slapové síly

- Perturbace
- Orbitální rezonance
- Migrace satelitů

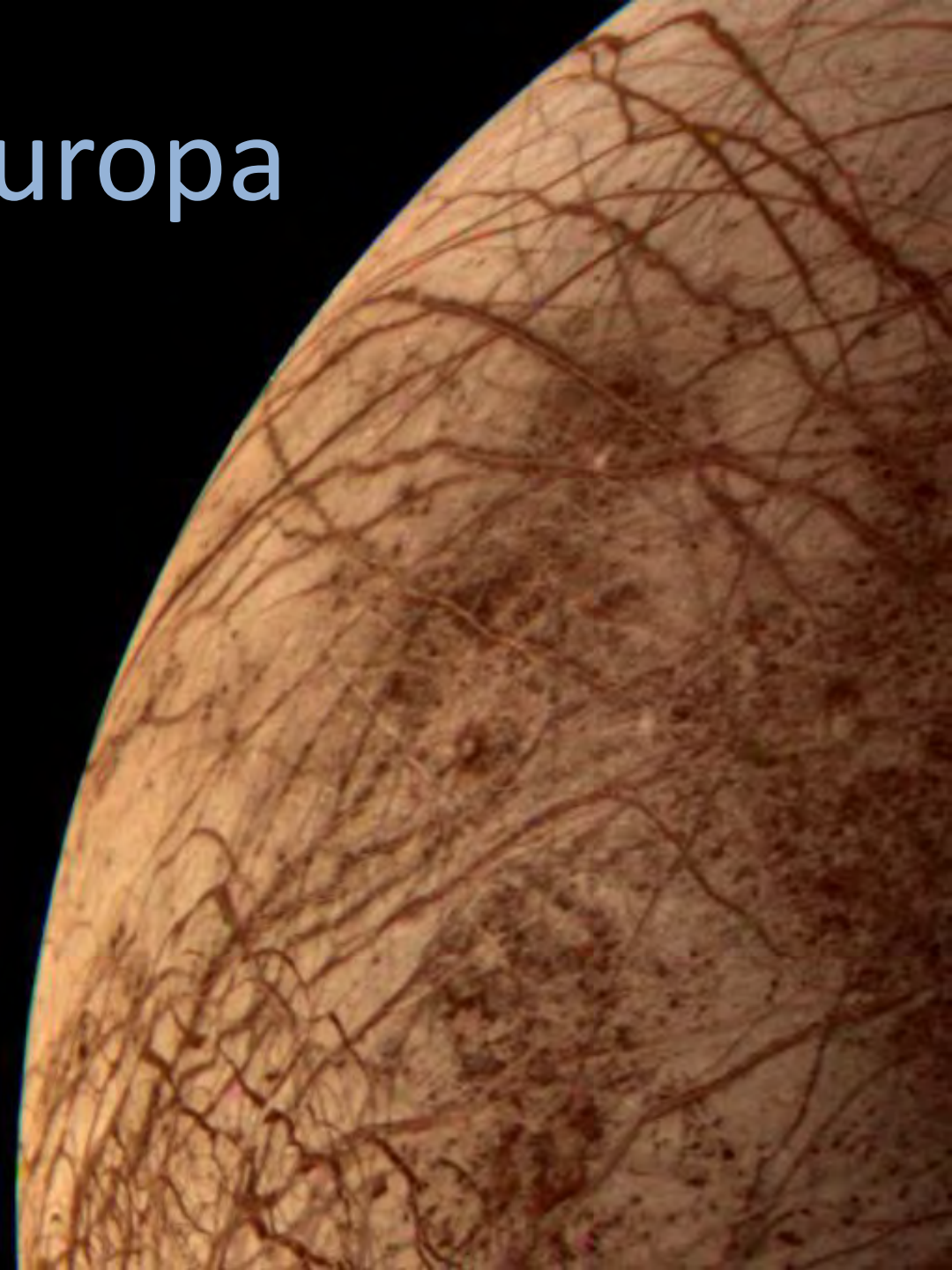


Satelite: slapové síly

- Kam mizí energie uvolněná třením?



Europa



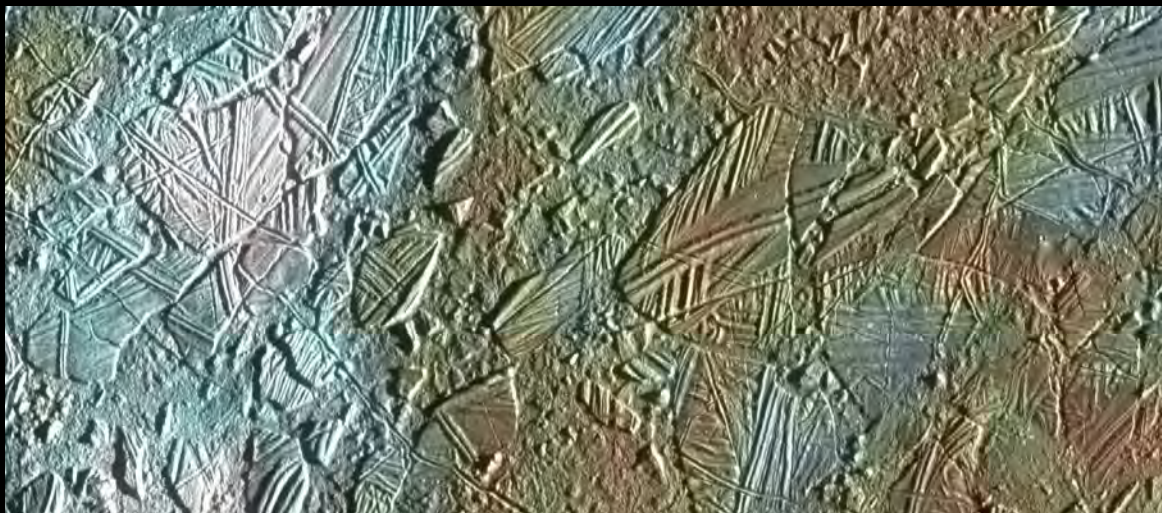
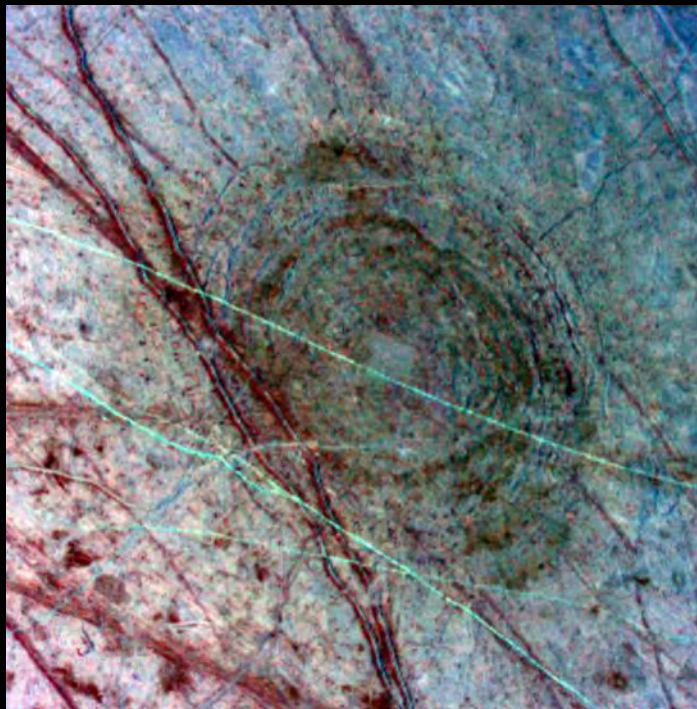
Europa – ledová královna

- 70. léta – led na Europě
- 1979 – Voyager
- 1995 - 2003 – Galileo

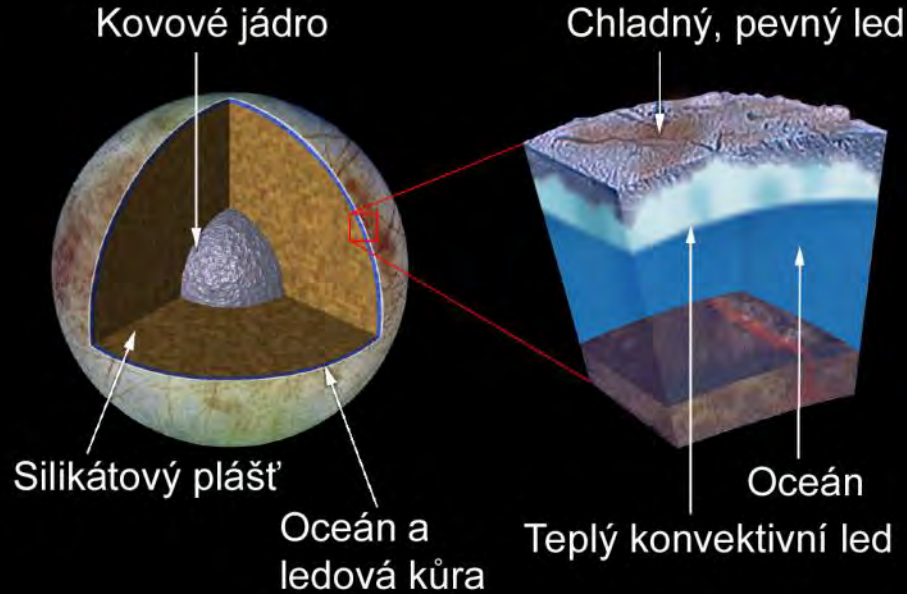


Europa – ledová královna

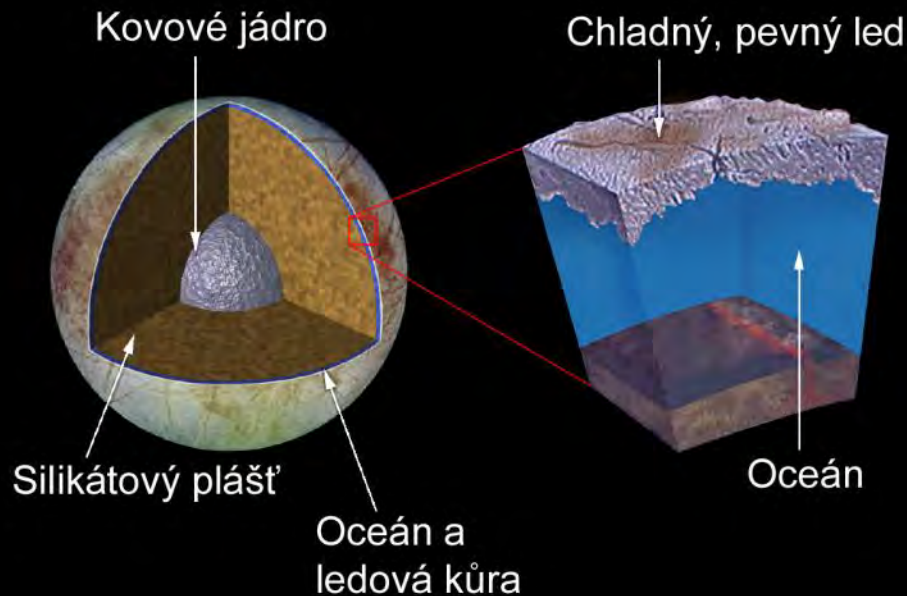
- Geologicky velmi aktivní povrch



Silná nebo slabá?

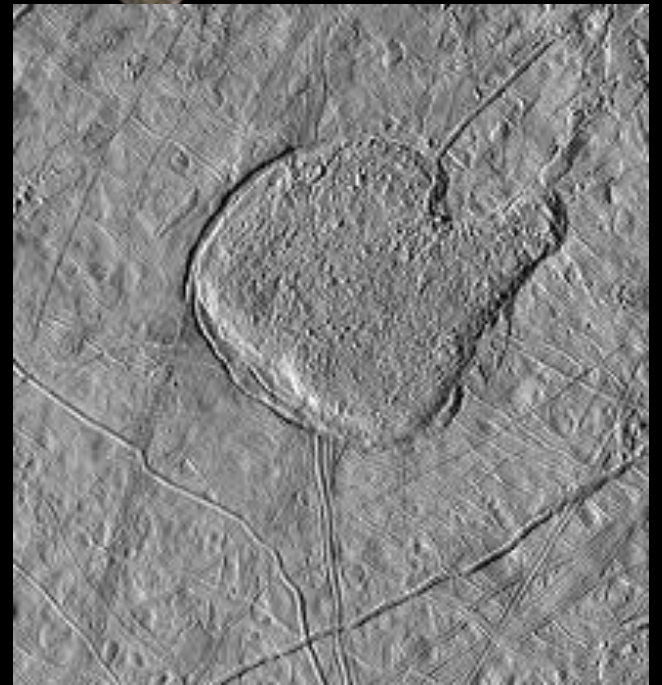


- Silná krusta:
10-20 km, pevný
povrch podložený
plastickým ledem,
trhliny mělké

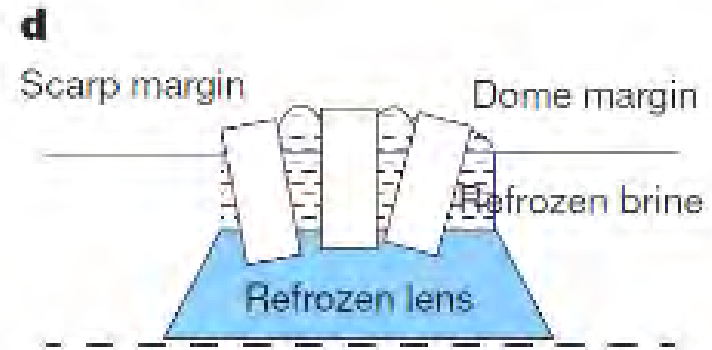
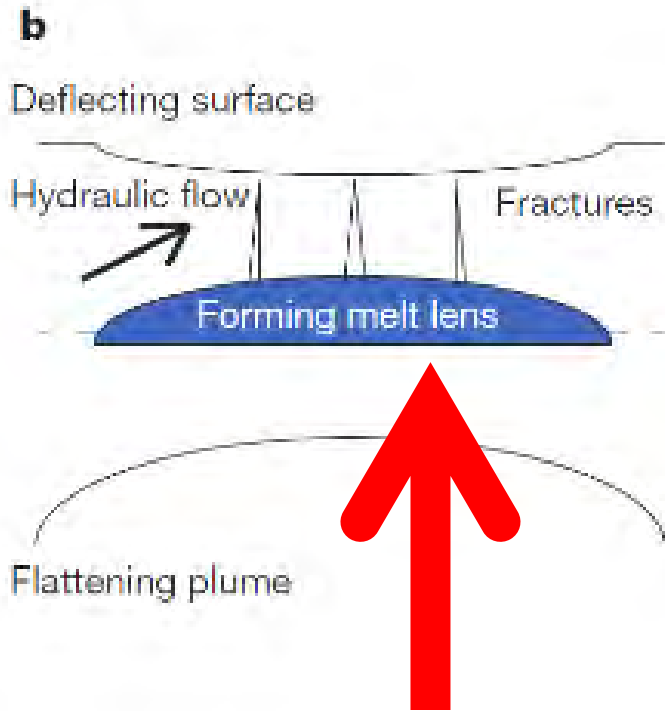


- Slabá krusta:
Jen několik km
silná vrstva
rigidního ledu,
trhliny skrz

Chaos



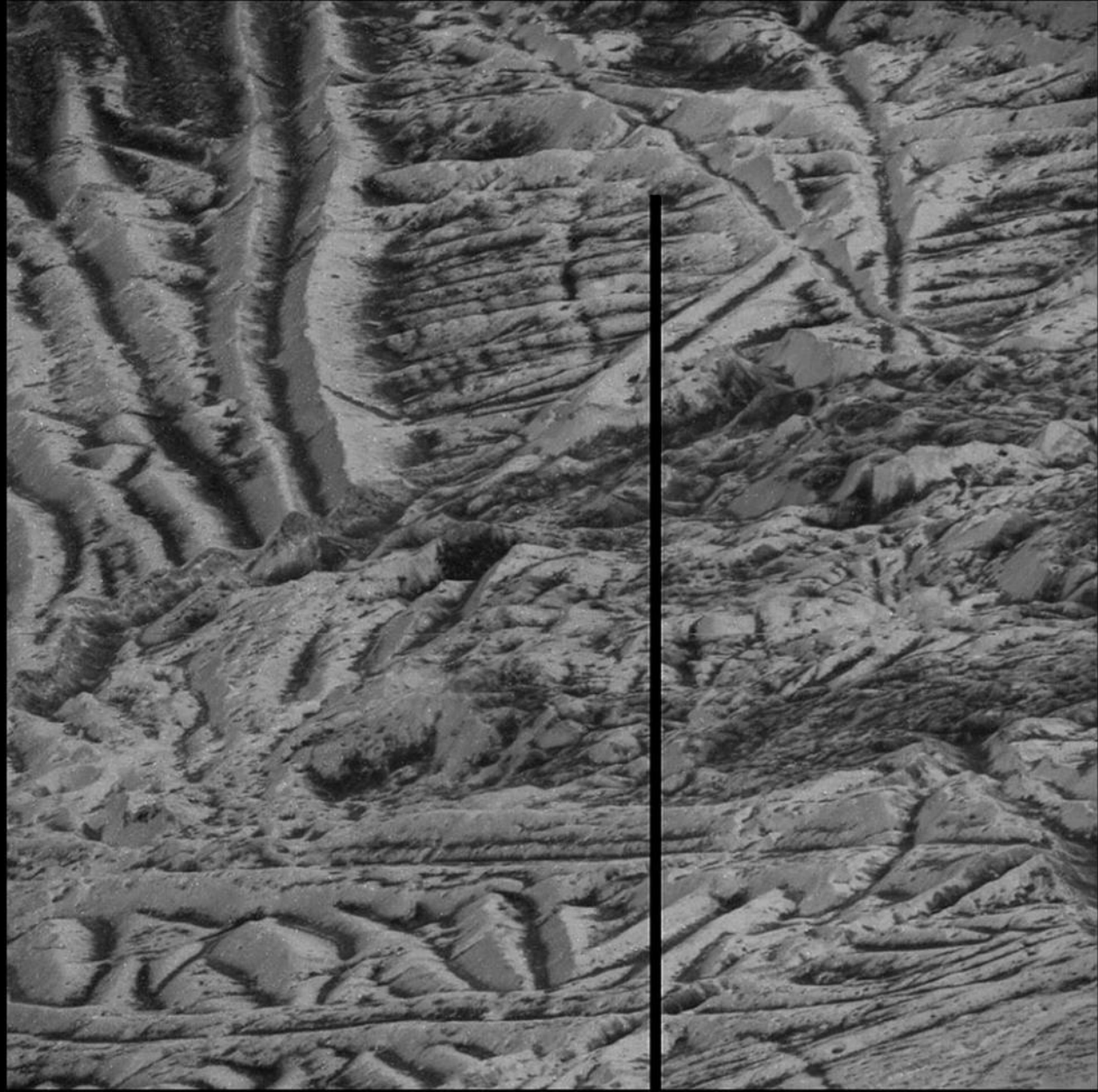
Chaos



Schmidt a kol. (2011)



- Cca 5x5 km



Endohydrosféra

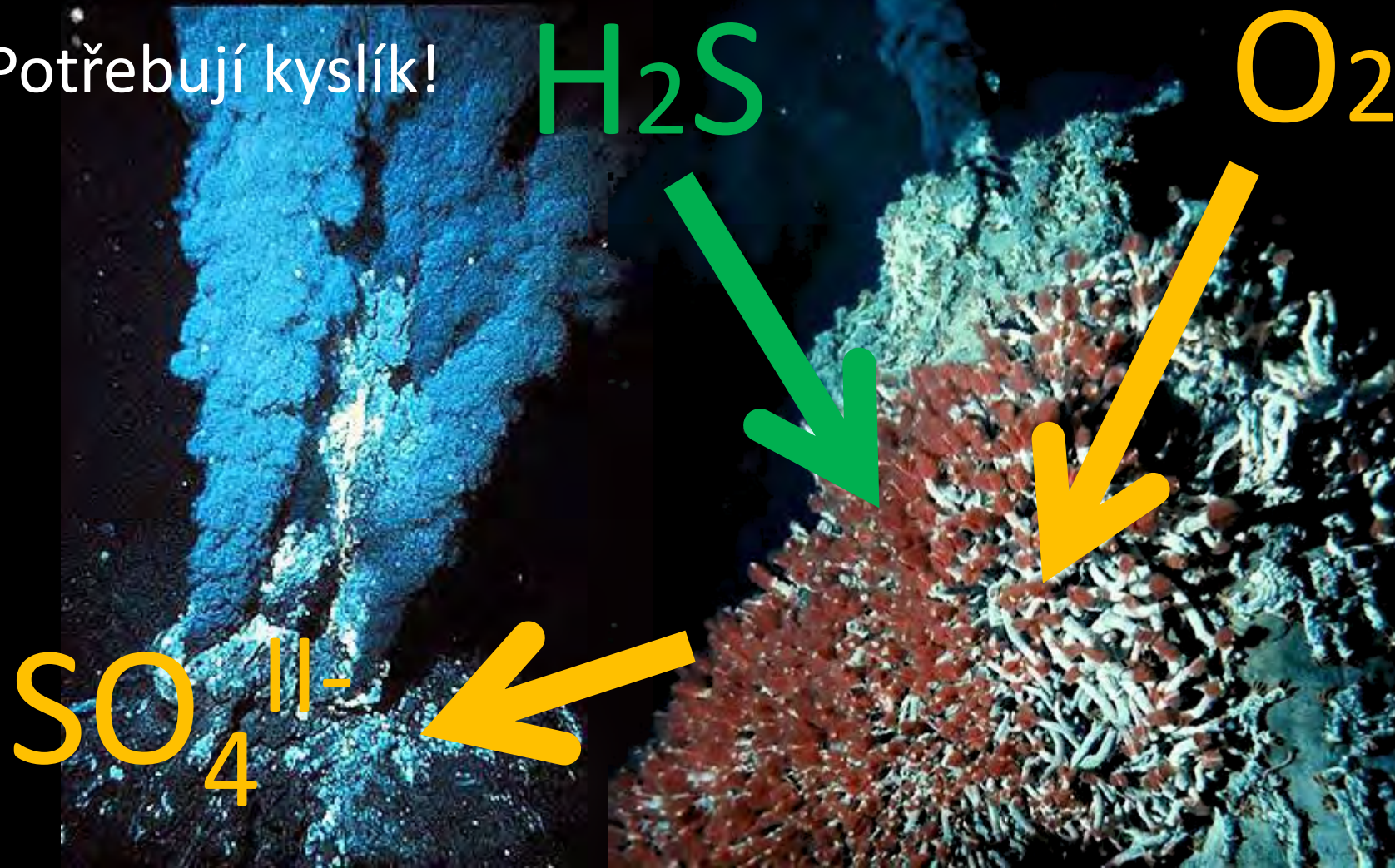
- Podpovrchový oceán hluboký ≈ 100 km
- Důkazy
- Slanost a složení
- Kyselost
- Teplota



Život na Europě?

- Život u hydrotermálních vývěrů: *Riftia pachyptila*

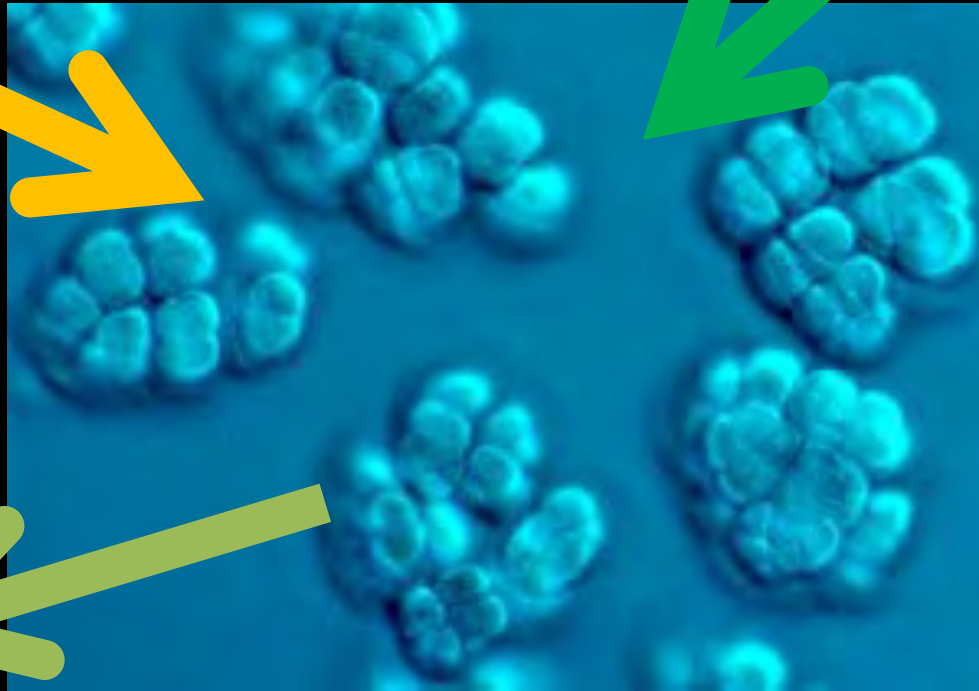
- Potřebují kyslík!



Život na Europě?

- Metanogeneze

CO_2



CH_4

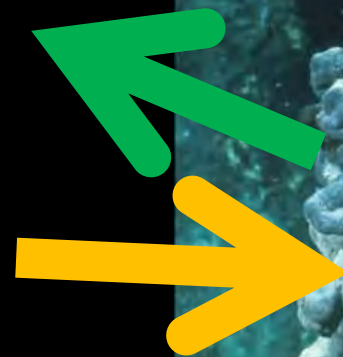
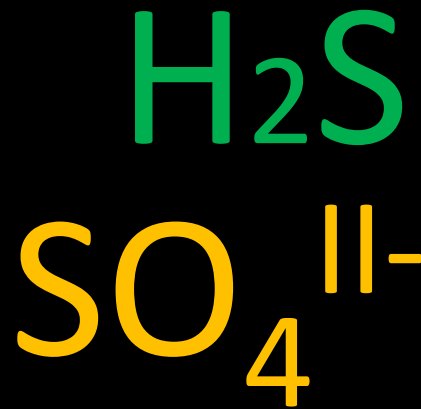


H_2



Život na Europě?

- Anaerobní bakterie oxidující metan
- Mikrobiální útesy na dně Černého moře



Život na Europě?

- Mnohobuněčné organismy?
- ~~Doaerba~~ ~~vmíak~~ ~~pozet~~ ~~kov~~ ~~zá~~ ~~o~~
za a Střežní ~~o~~zemního moře





Povrch Europy



- Radiační pásy
- Teplota -160°C , na pólech -220°C
- Oxidující chemikálie



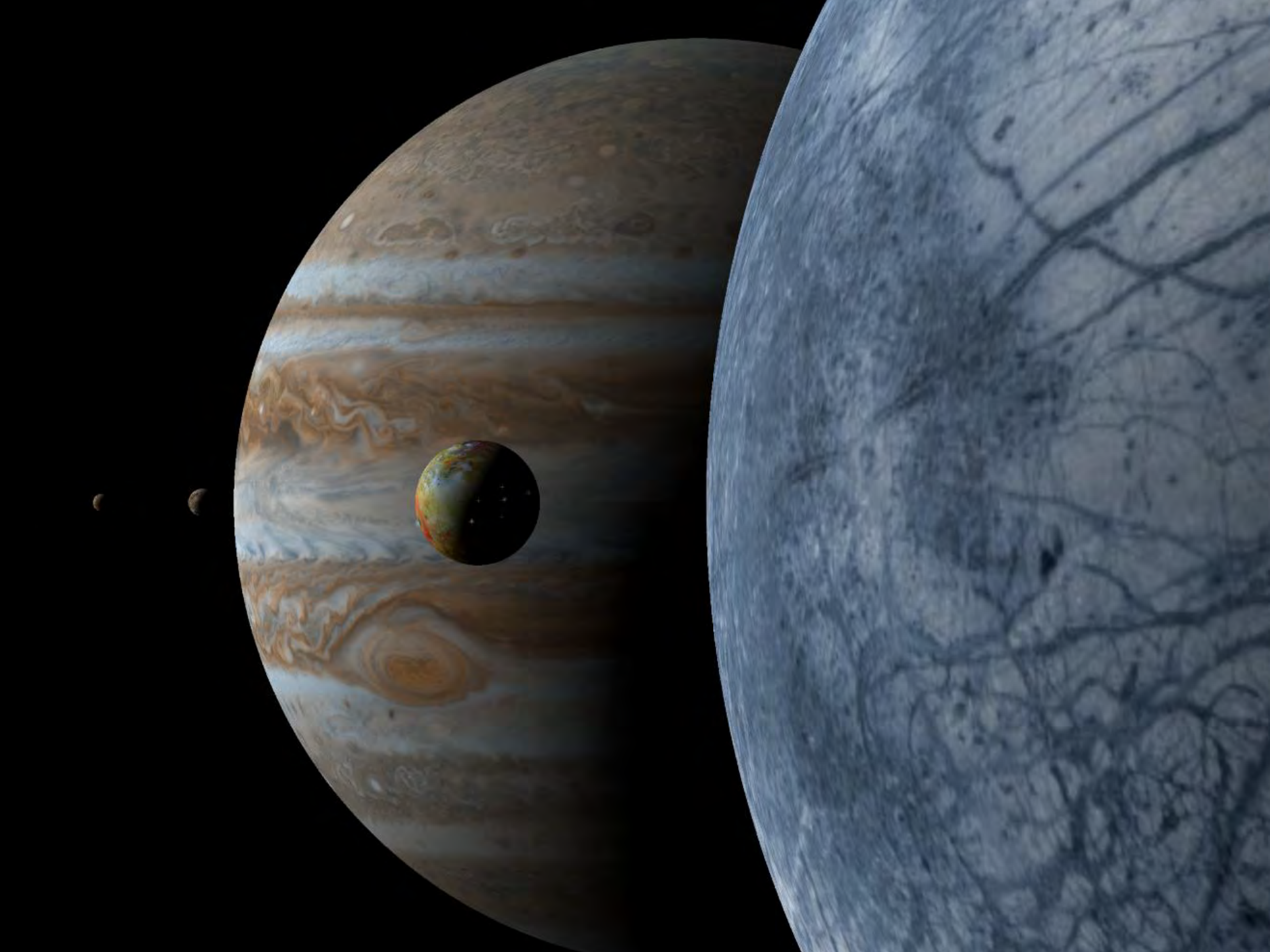


Povrch Europy



- Radiace vytváří oxidované sloučeniny, jako je kyselina sírová, peroxid vodíku a kyslík.
- Pokud se ledovec recykluje, může být endohydrosféra dobře prokysličená!!!





Výzkum Europy

- Oběžná dráha
- Radiace
- Nutnost vrtat

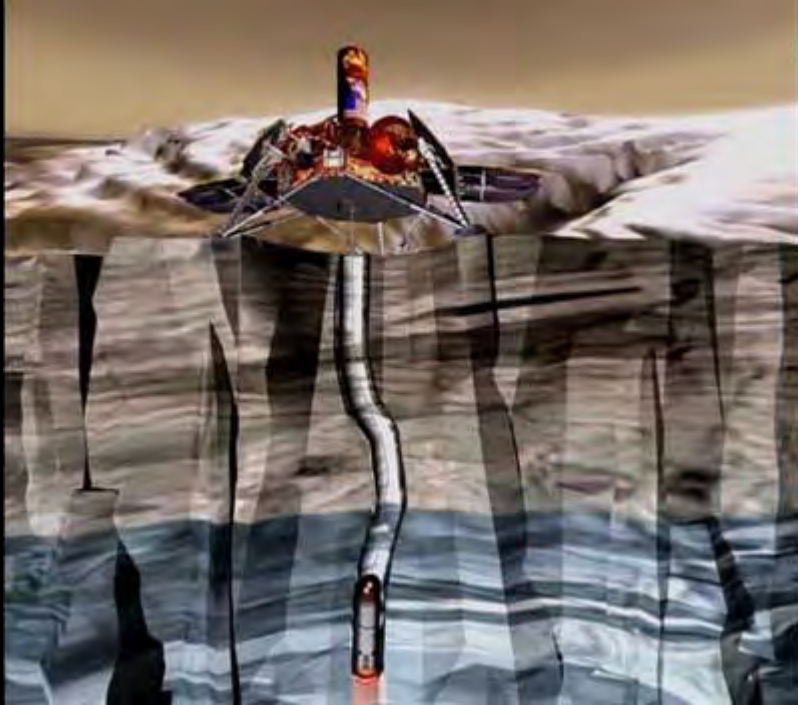


JUpiter ICy Moon Explorer (JUICE)

- ESA
- Start 2022, přílet 2030
- Průlety Europy, orbita Ganymedu
- Možný příspěvek NASA či Ruska

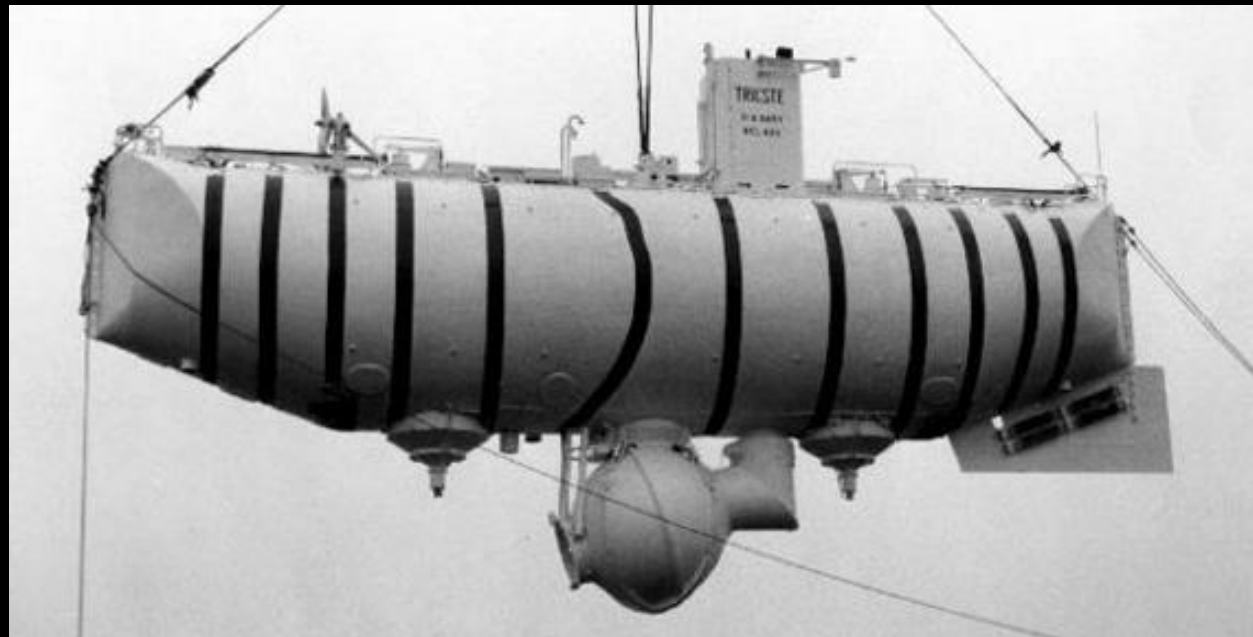


Kryobot?



Lidé na Europě?

- Dostupnost
- Radiační ochrana
- Problém kontaminace



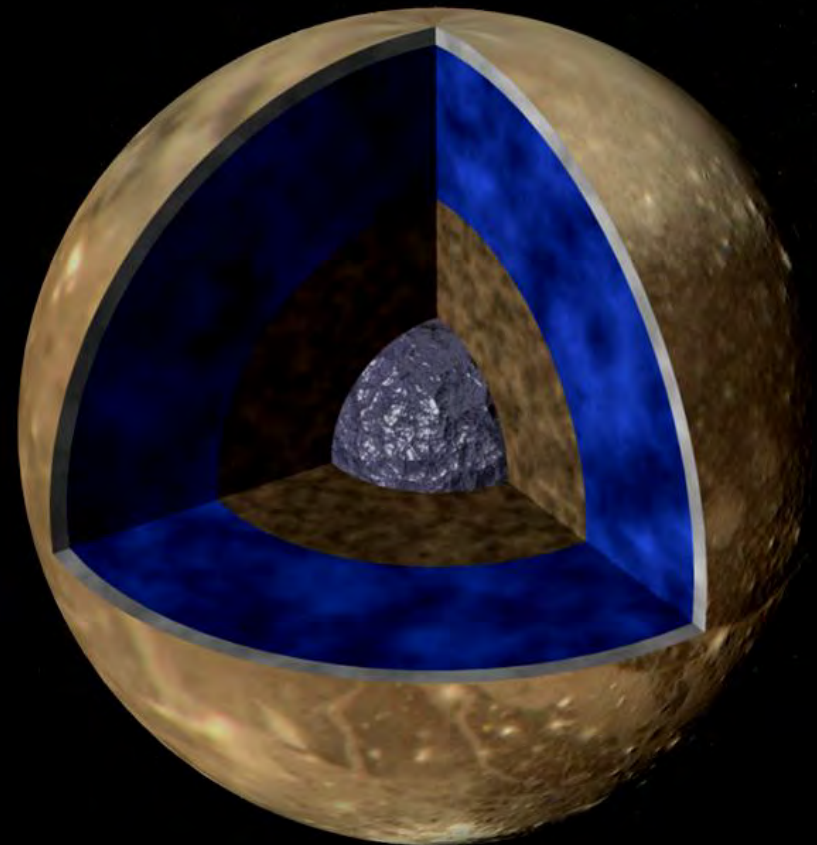
Lidé na Europě?





Ganymedes

- Největší satelit
- Kapalná vrstva!
- 13 – 150 km krusta





Ganymedes

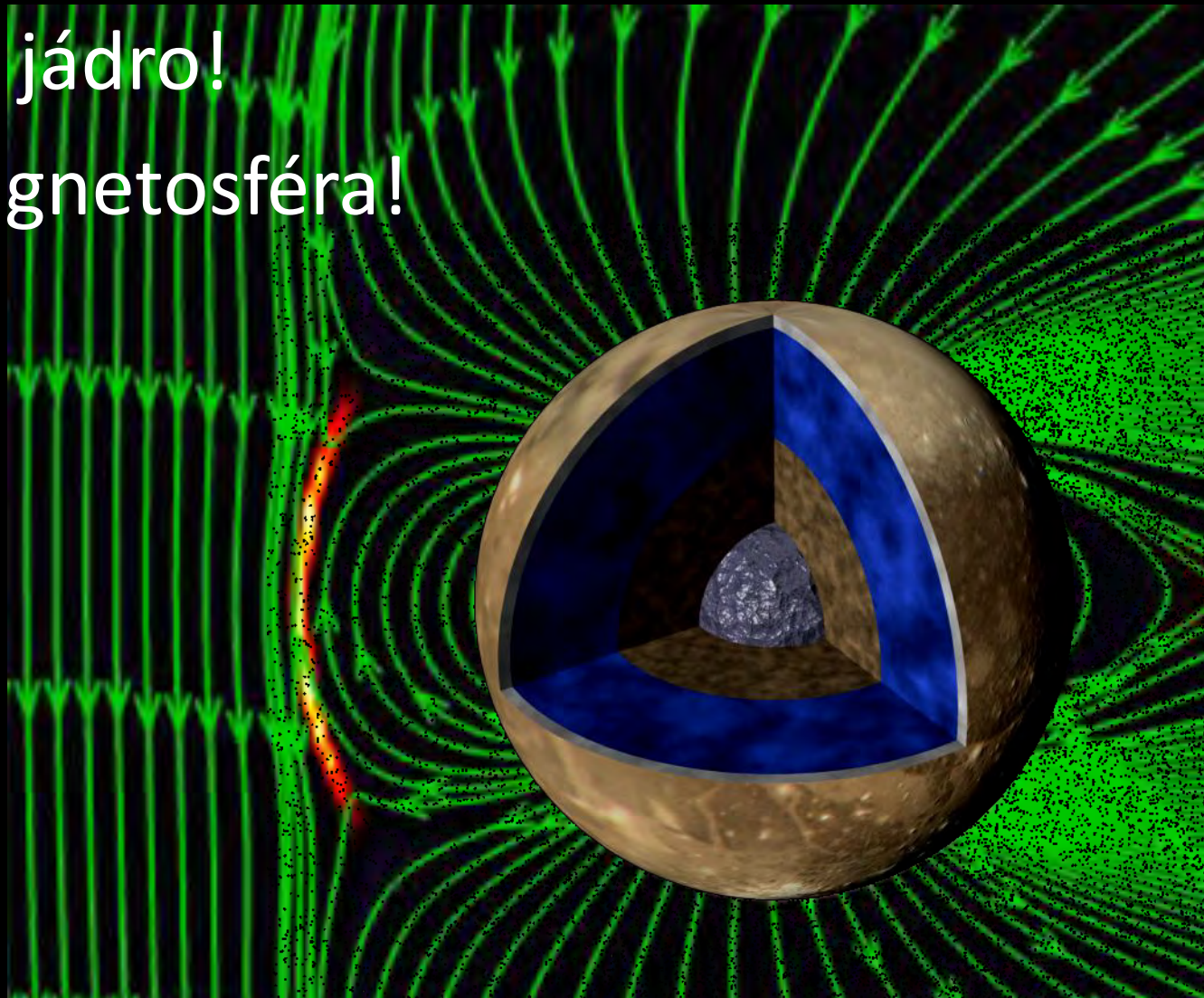
- Více kapalné vody než na Zemi!
- 100 - 700 km oceánu
- Oceán může být vmezeřený





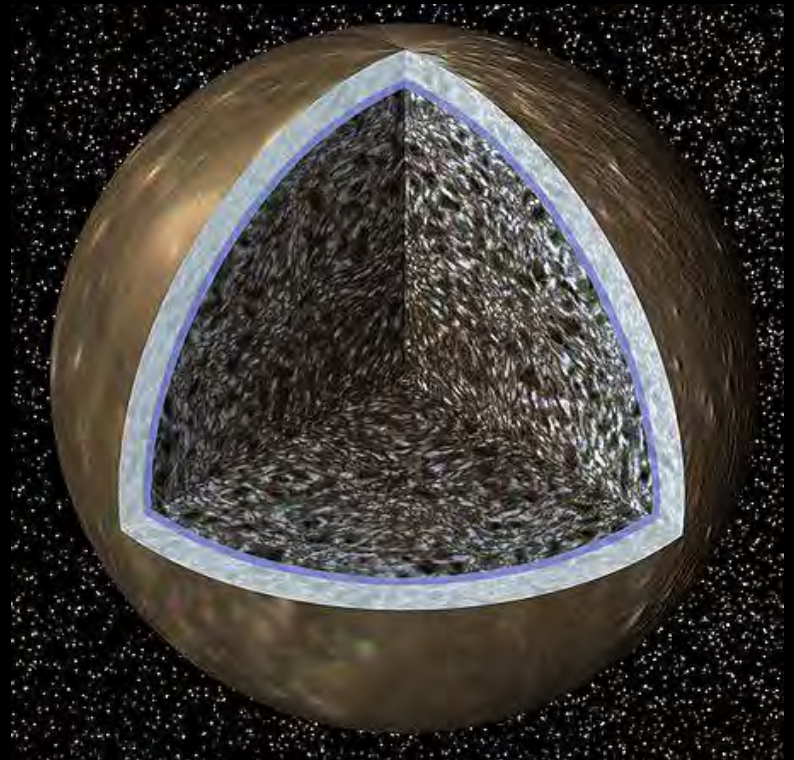
Ganymedes

- Roztavené jádro!
- Vlastní magnetosféra!



Callisto

- Povrch
- Nitro
- Oceán
- Radiace
- Ideální pro kolonizaci?





- Ideální pro kolonizaci?



Io

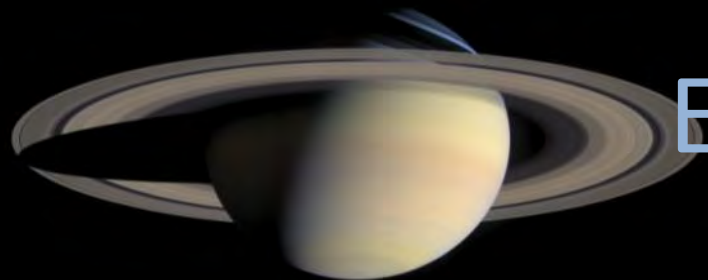
- Hypervulkanická
- Sloučeniny síry

- Extrémní radiace
- Chybí voda i uhlík
- Exotický život?



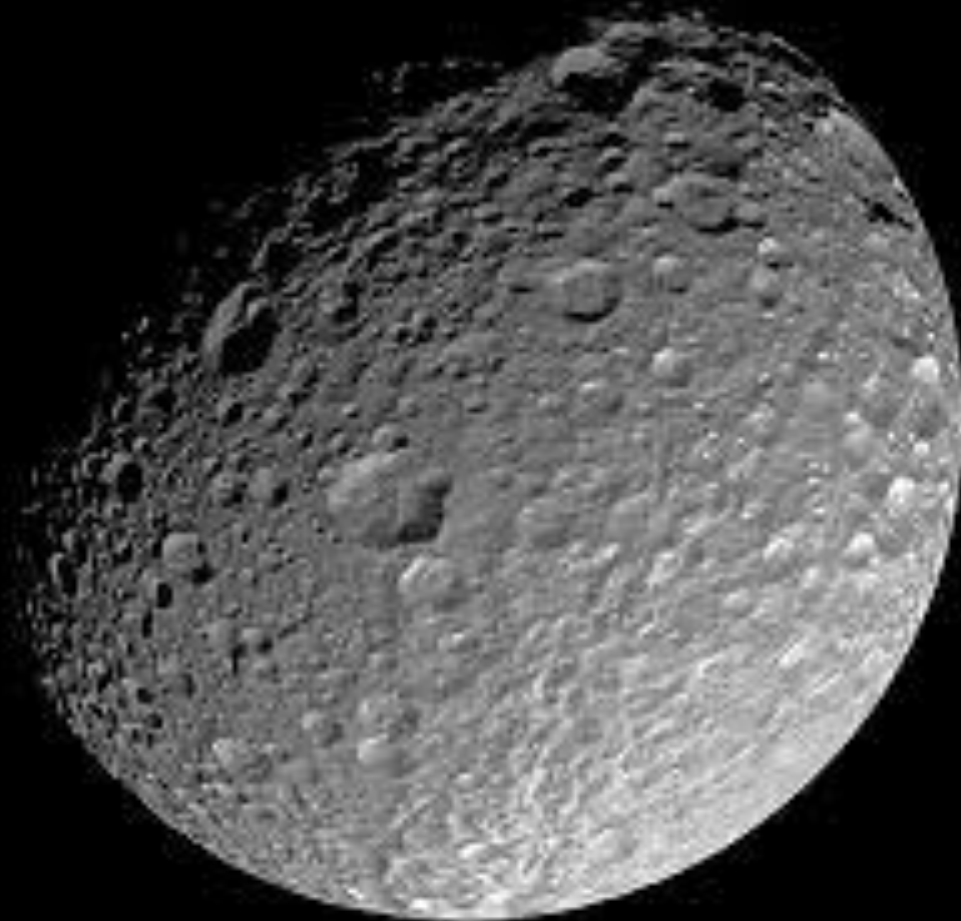
Saturnova soustava

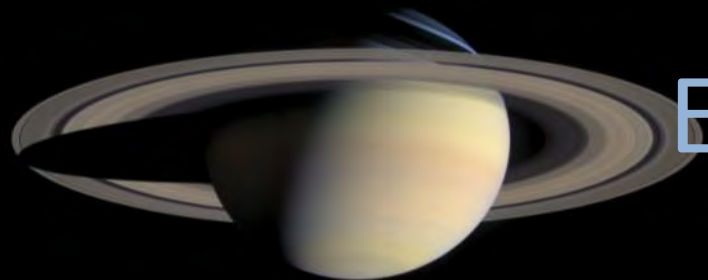




Enceladus

- Očekáváno

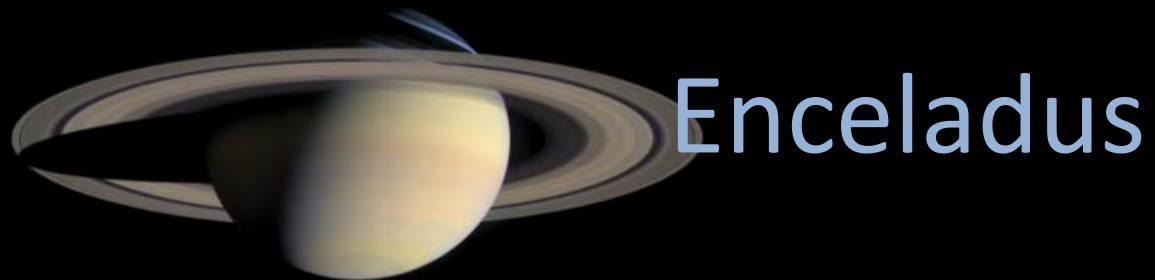




Enceladus

- Pohled Voyagerů





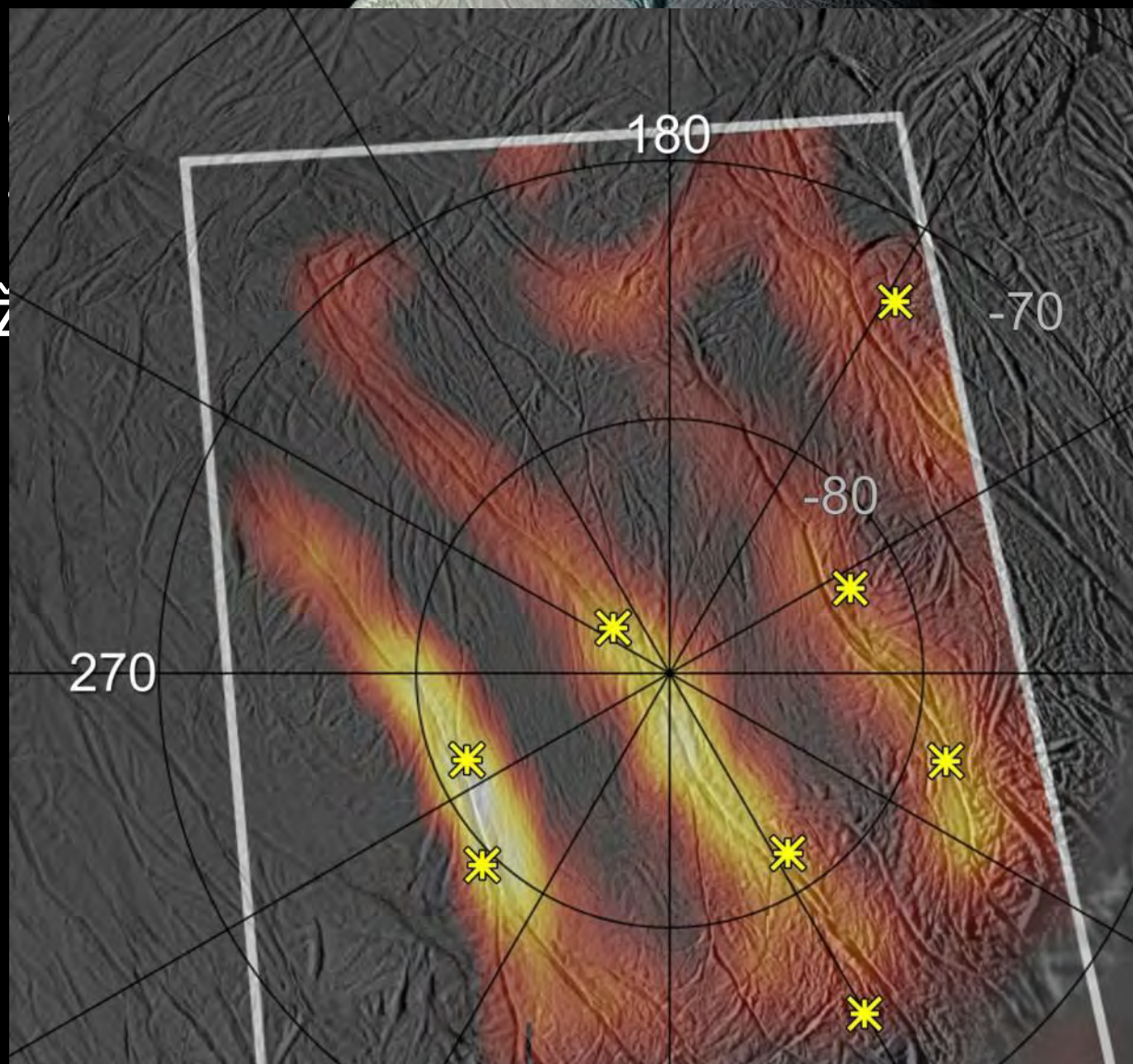
Enceladus

- Velmi malé těleso!



Tygří pruhy

- Jihopolární oblast
- Tektonické trhliny
vyzařující množství
tepla



- Tvůrce prstence E



Je na Enceladu oceán?

- Jsou gejzíry vzorky
- Význam sodíku
- Keckův teleskop vs

Model mlžných jeskyní ("Misty Caverns")

Gejzír páry a částic

Ledovec (-196 C)

Trhlina vedoucí k povrchu

V průduchu kondenzují
z páry ledová zrna

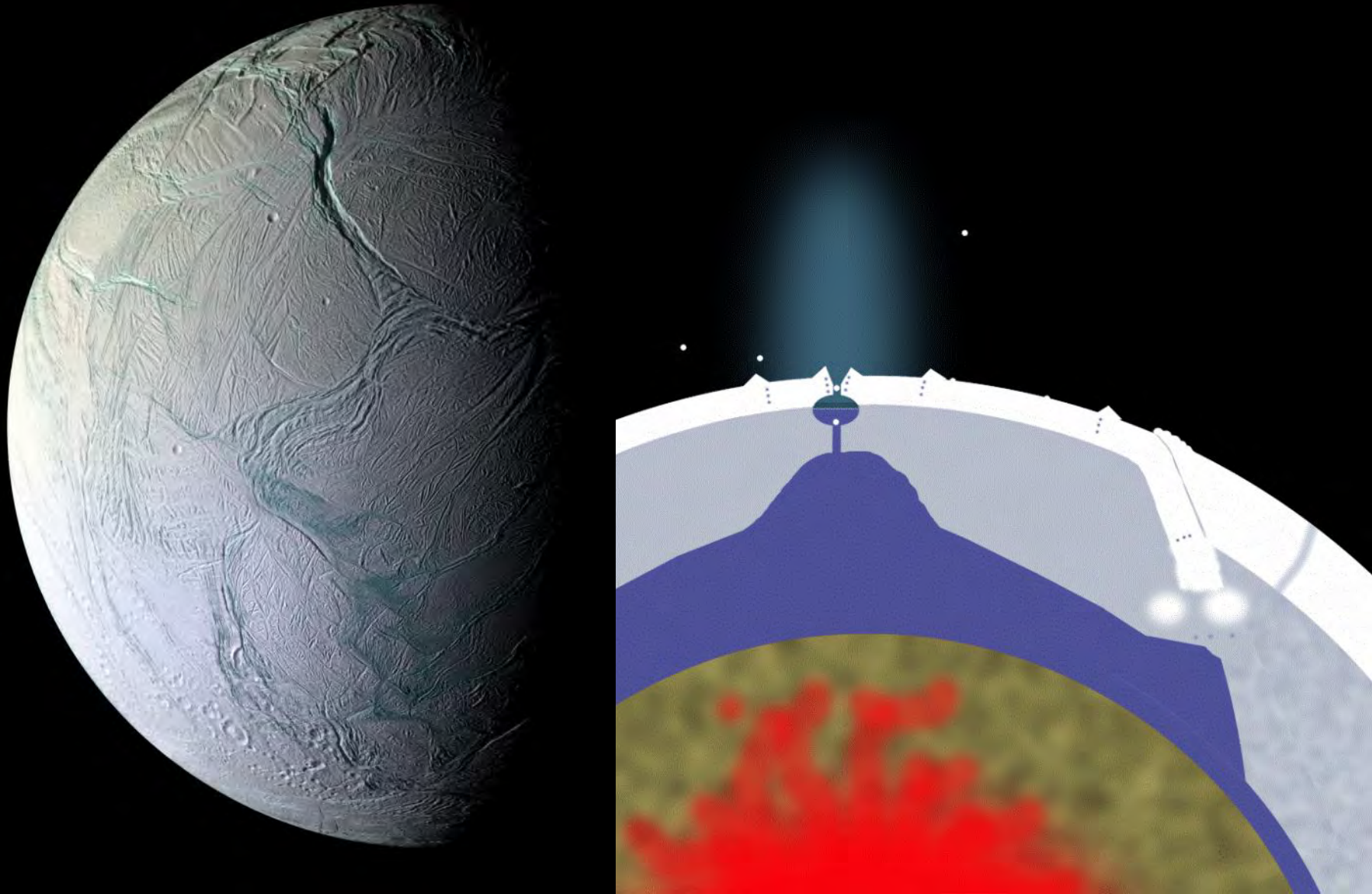
Jeskyně, kde se odpařuje
slaná voda

Jihopolární moře

Skalnaté jádro



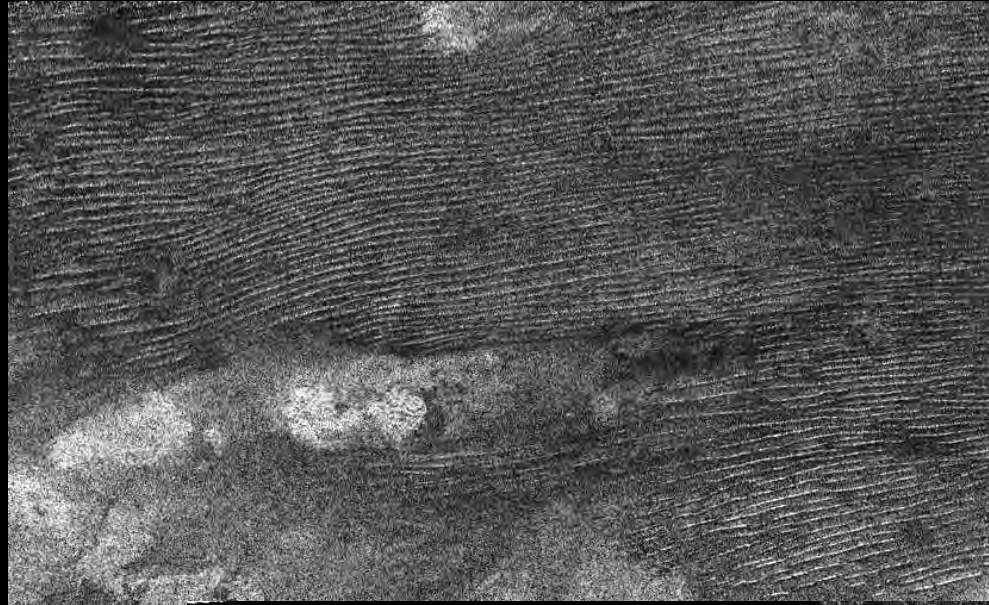
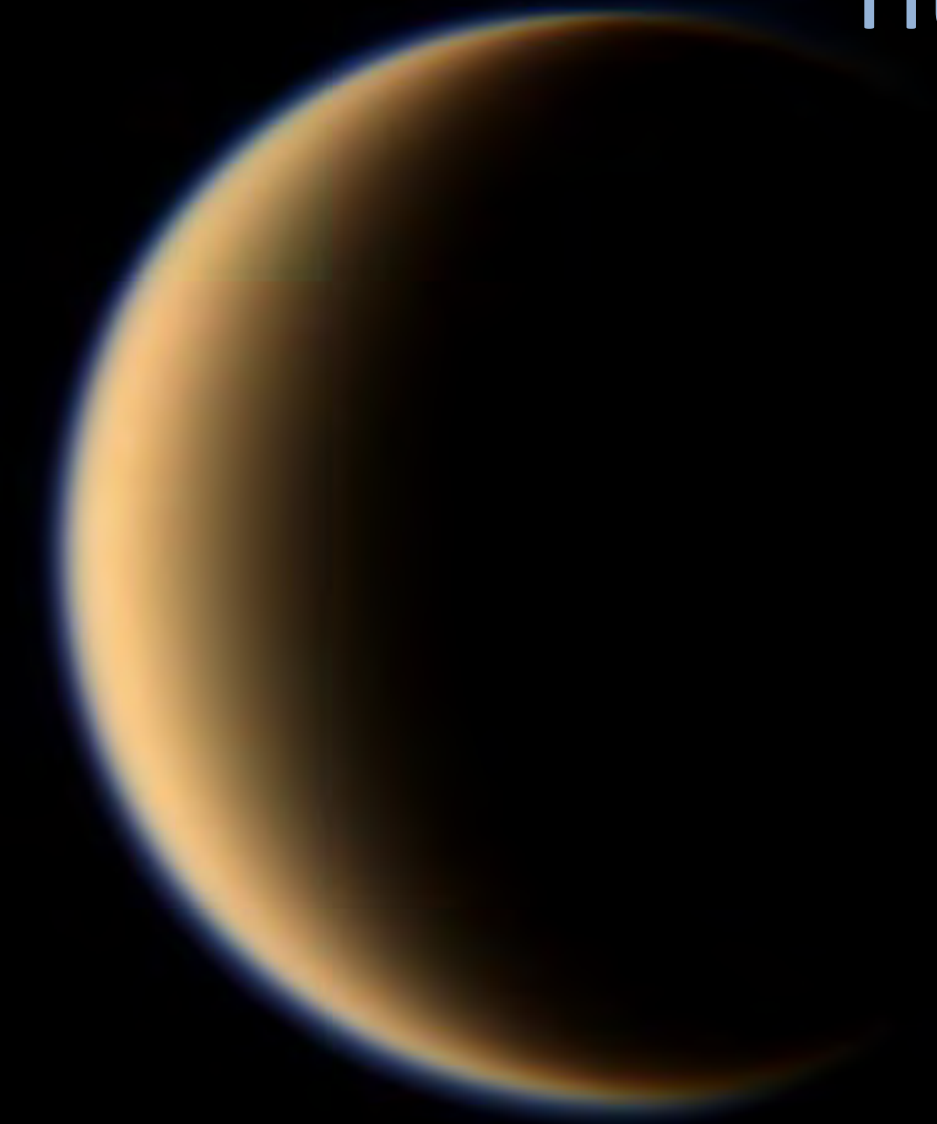
Desková tektonika na Enceladu



Enceladus jako kolébka života?

- Obsahuje všechny důležité živiny (C, H, O, N, S)
- Nízká salinita, mírně alkalické pH (uhličitany, amoniak)
- Organické látky
- Na jižním pólu Enceladu mohou sněžit mikrobi!

Titan



Našli jsme život na Titanu?

- Organismy v uhlovodíkové kapalině?

- Potrava: uhlovodíky, např. acetylén

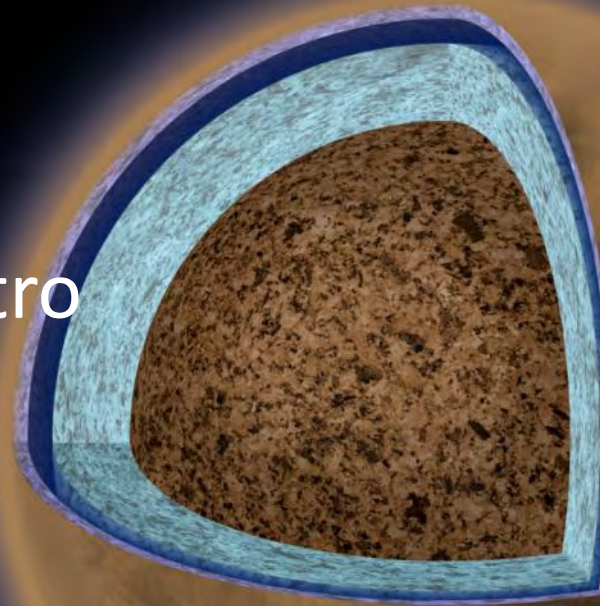
- Acetylén a vodík vznikají fotochemicky v atmosféře

- Jaký proces je odstraňuje?



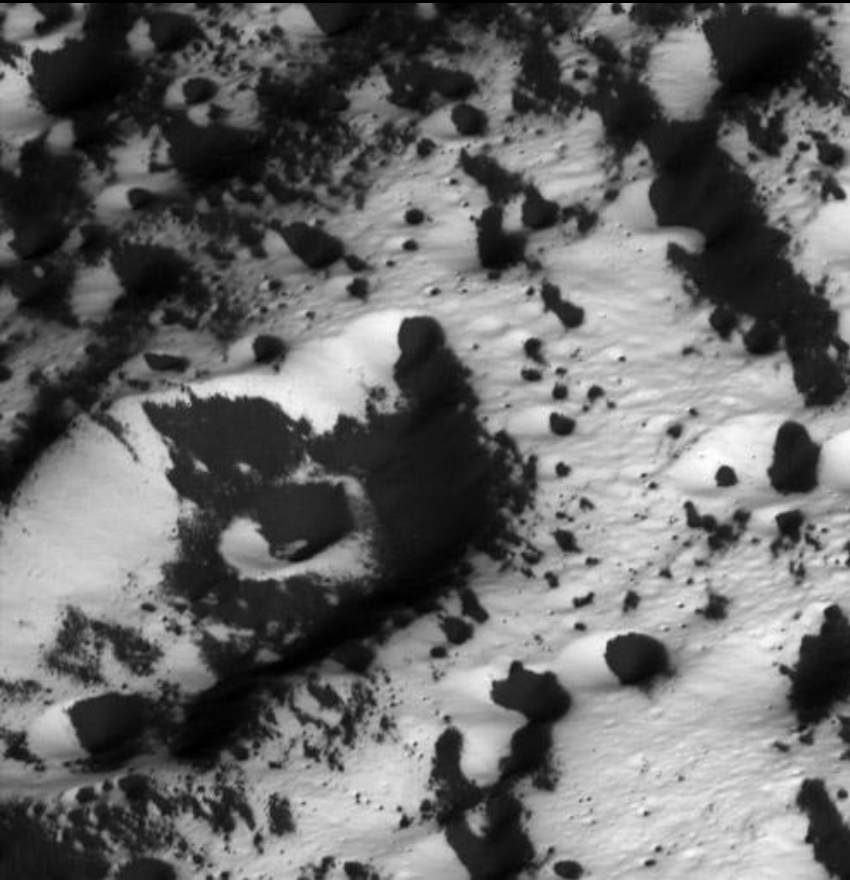
Endohydrosféra

- Vmezeřený oceán
- Čpavek
- Nediferencované nitro



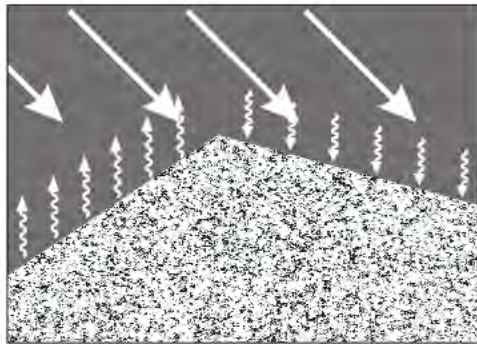
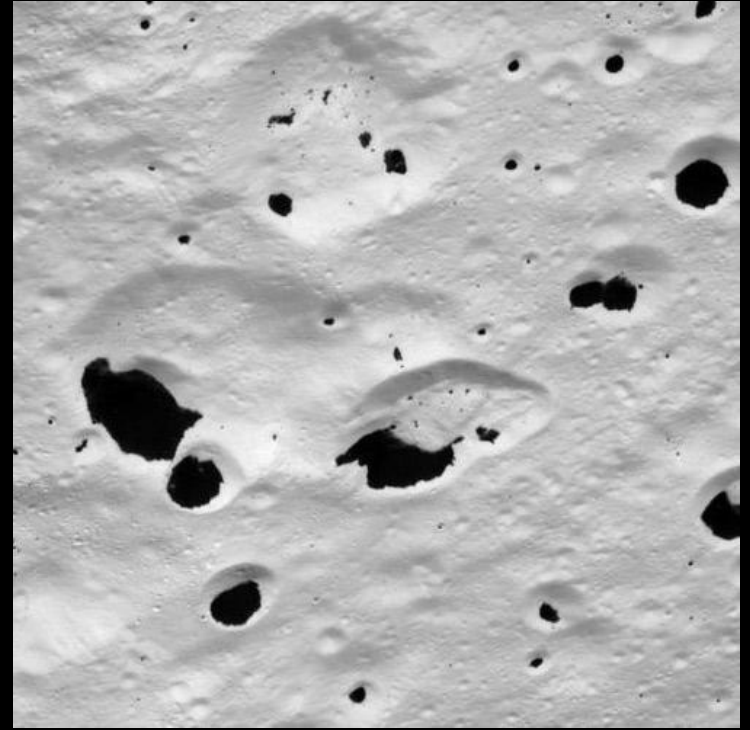
Iapetus

- Nápadně černobílý povrch
- Záhada!

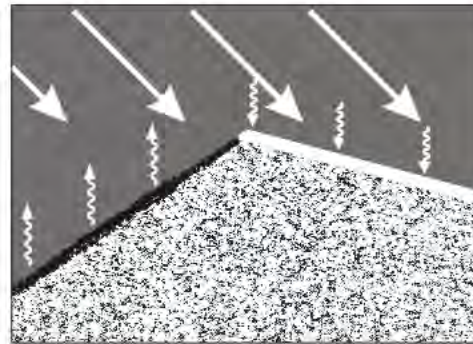


Iapetus

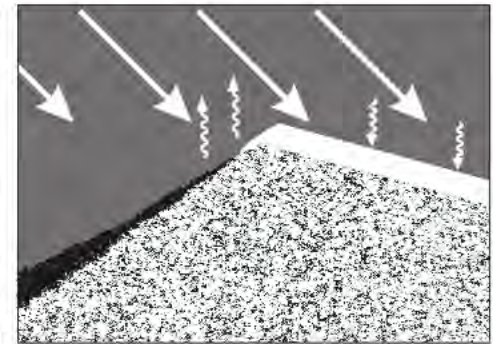
- Termální segregace
- Zdroj asymetrie?



1



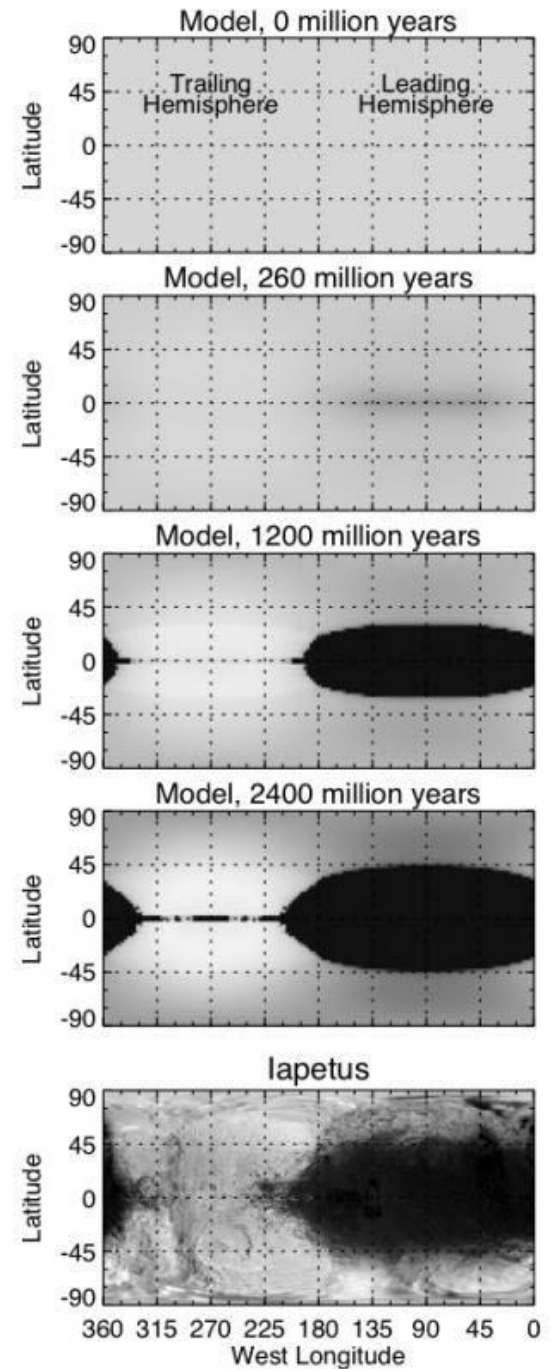
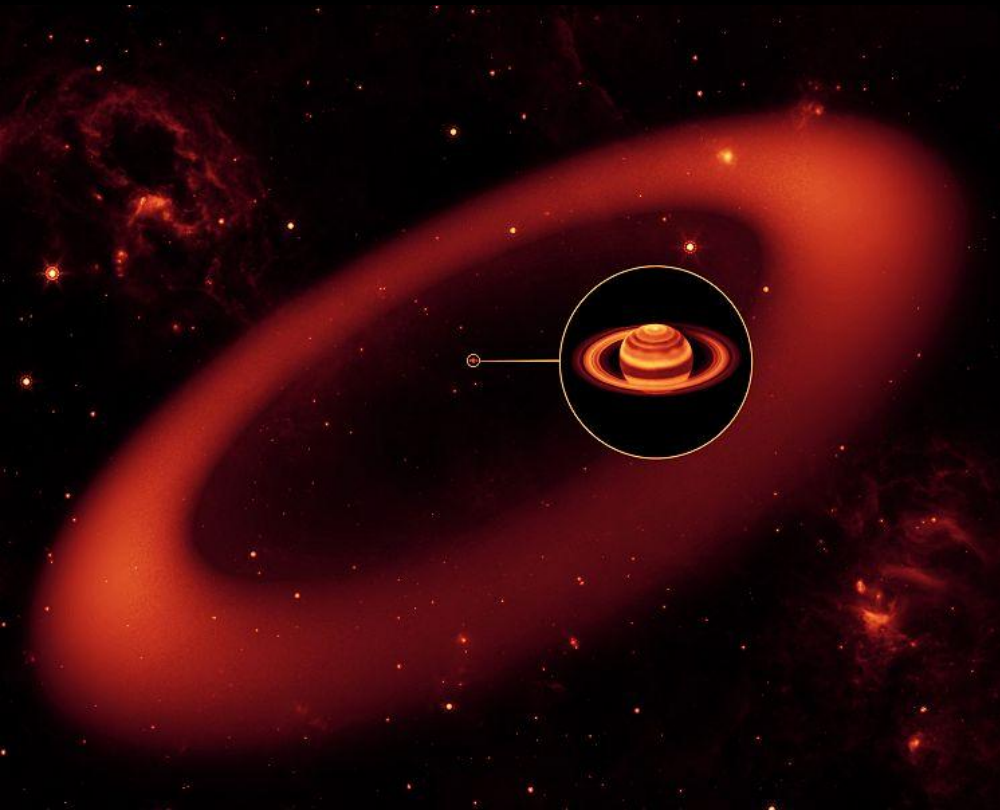
2



3

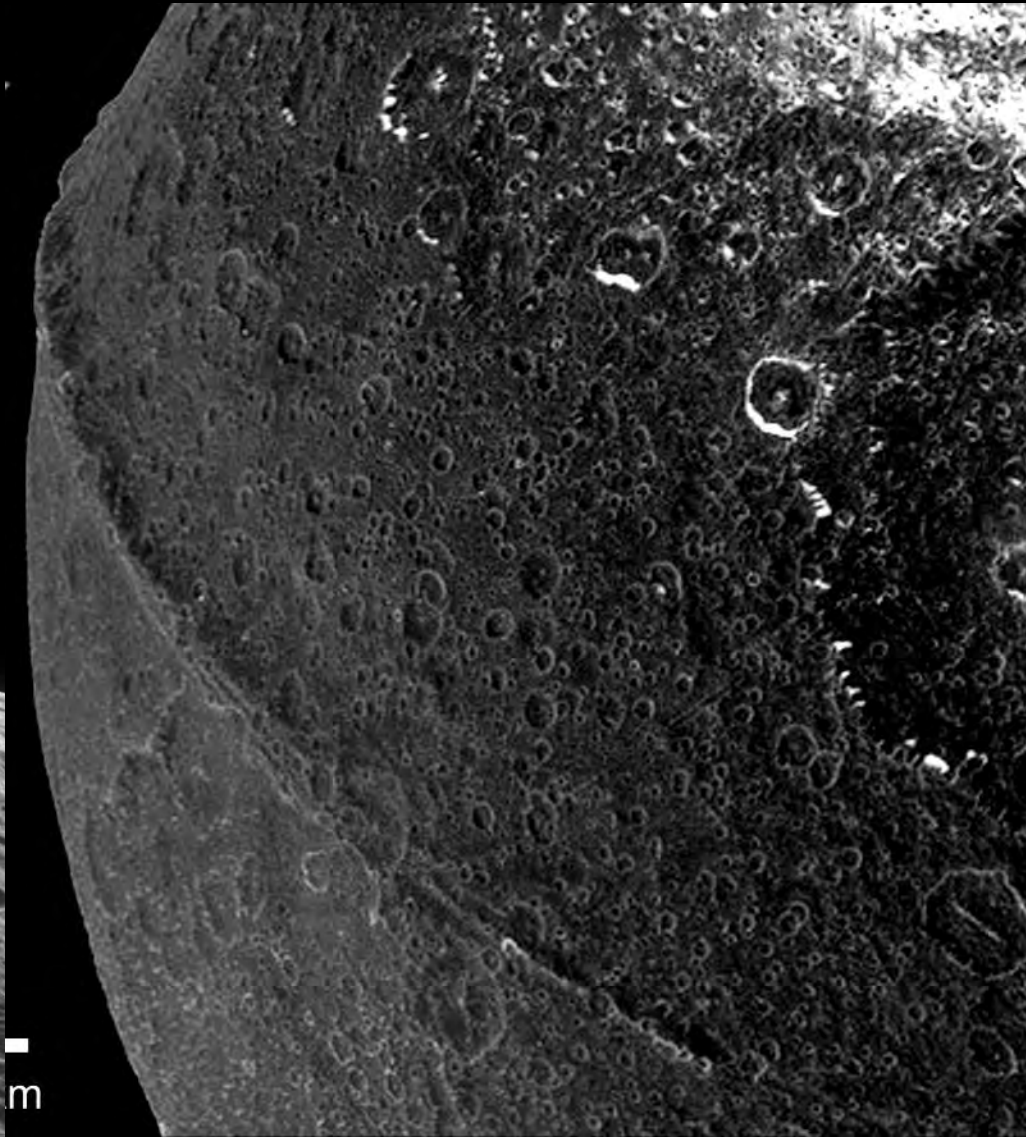
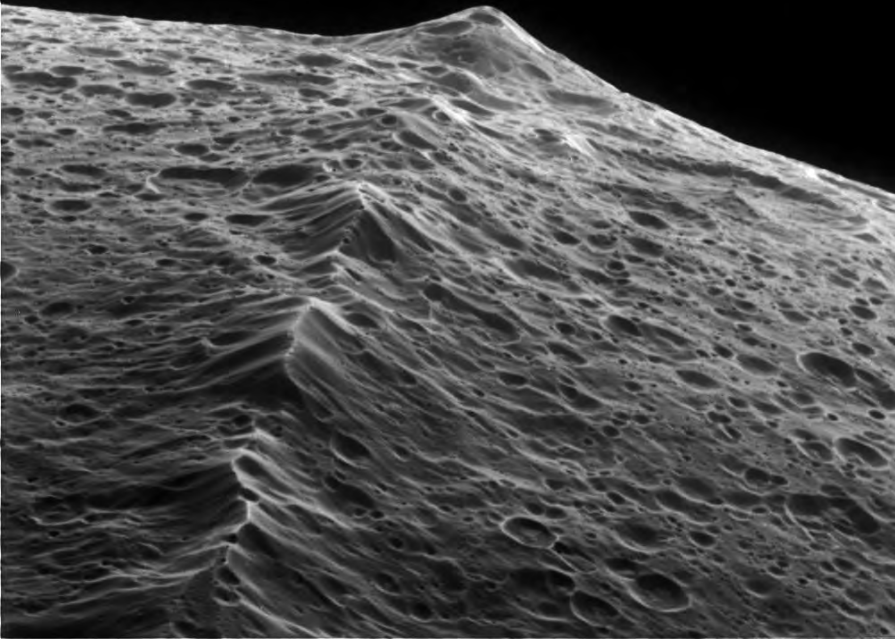
Iapetus

- Zdroj asymetrie



Iapetus

- Rovníkový hřeben
- Měsíc, nebo kosmická stanice?



m

Měsíce Uranu



Miranda



Ariel



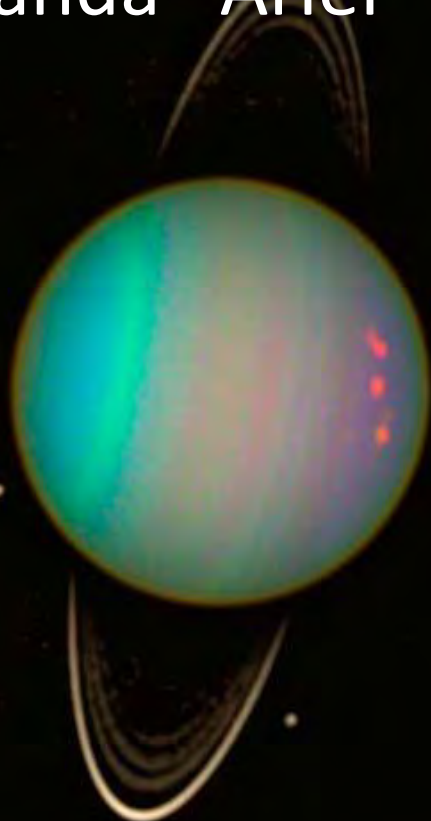
Umbriel



Titania

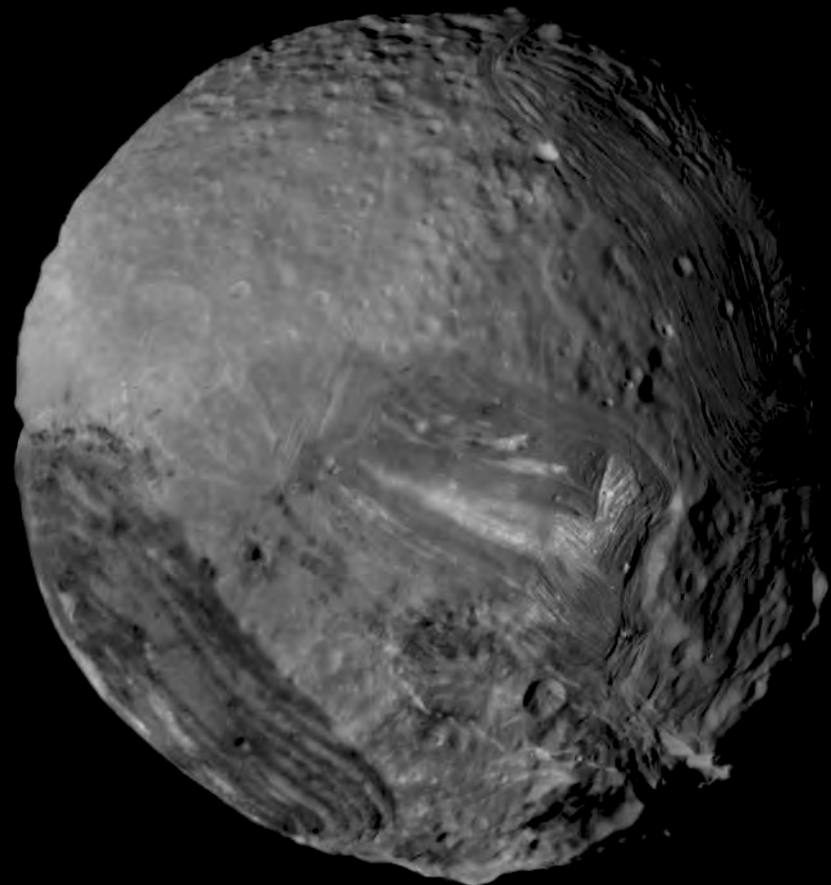


Oberon



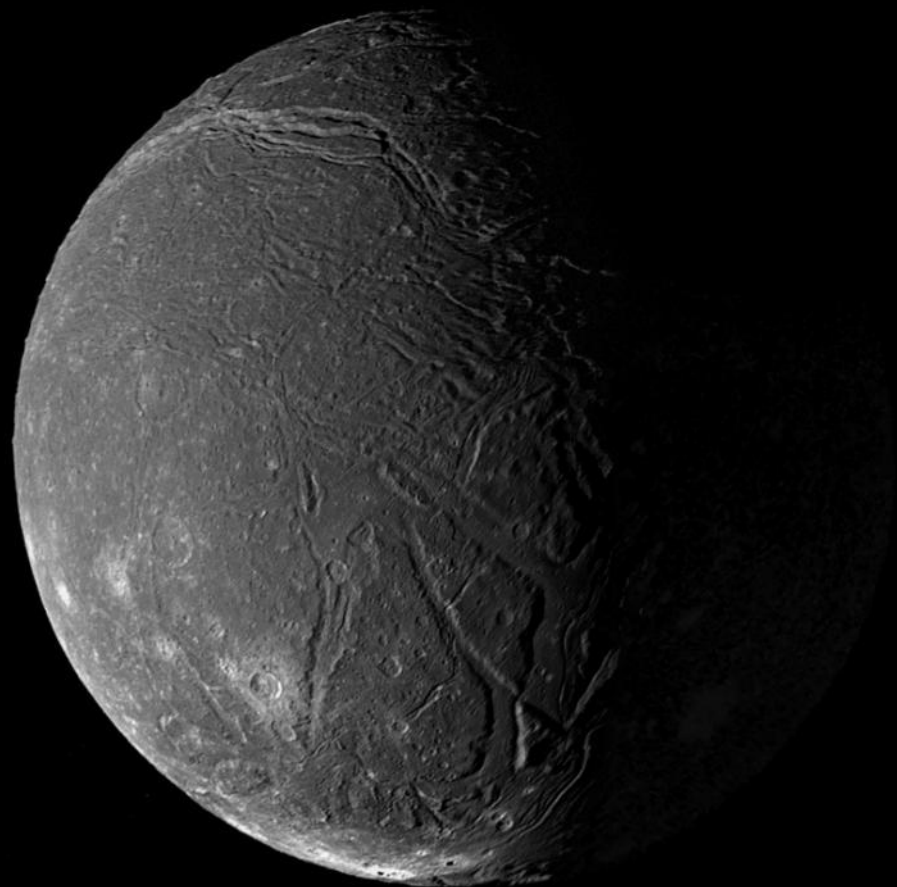
Měsíce Uranu

- Miranda – dvojče Enceladu?



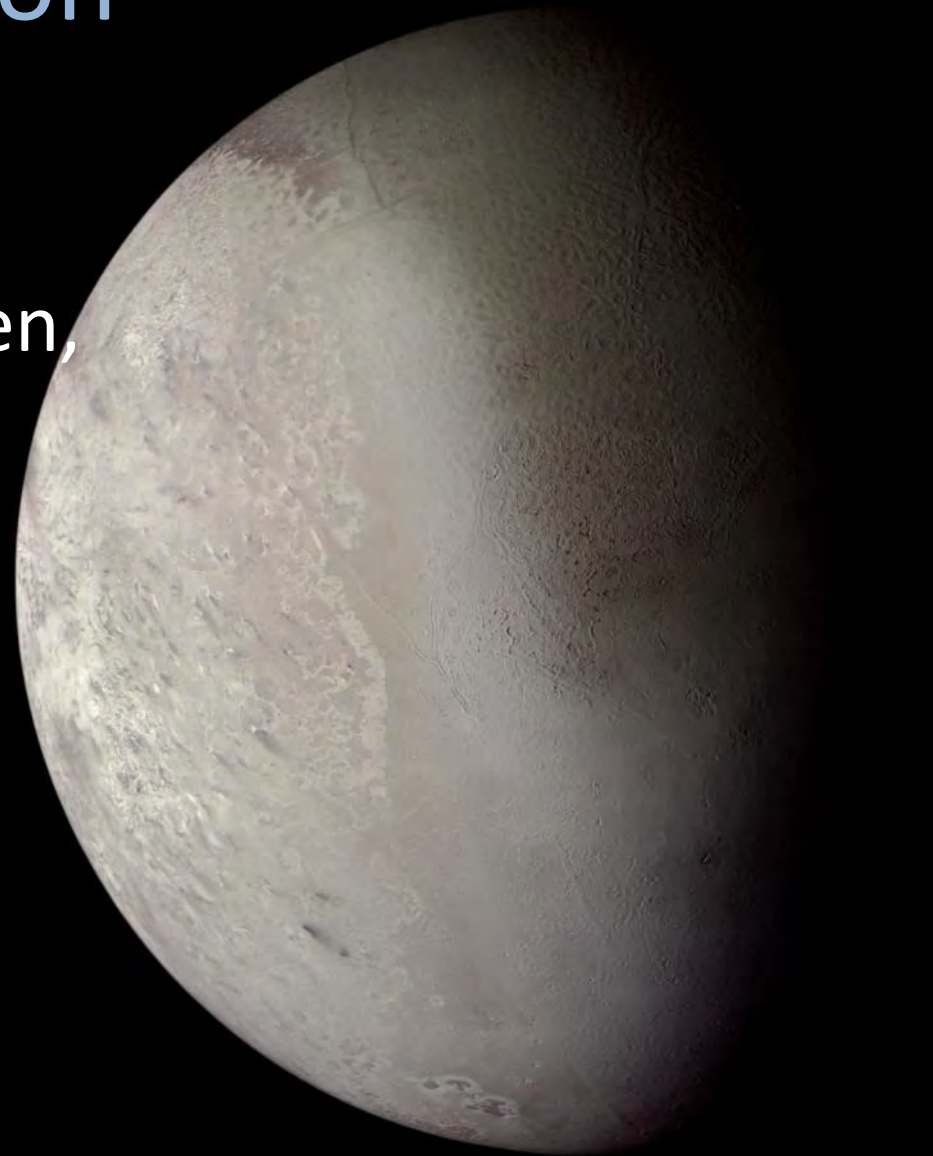
Měsíce Uranu

- Ariel



Triton

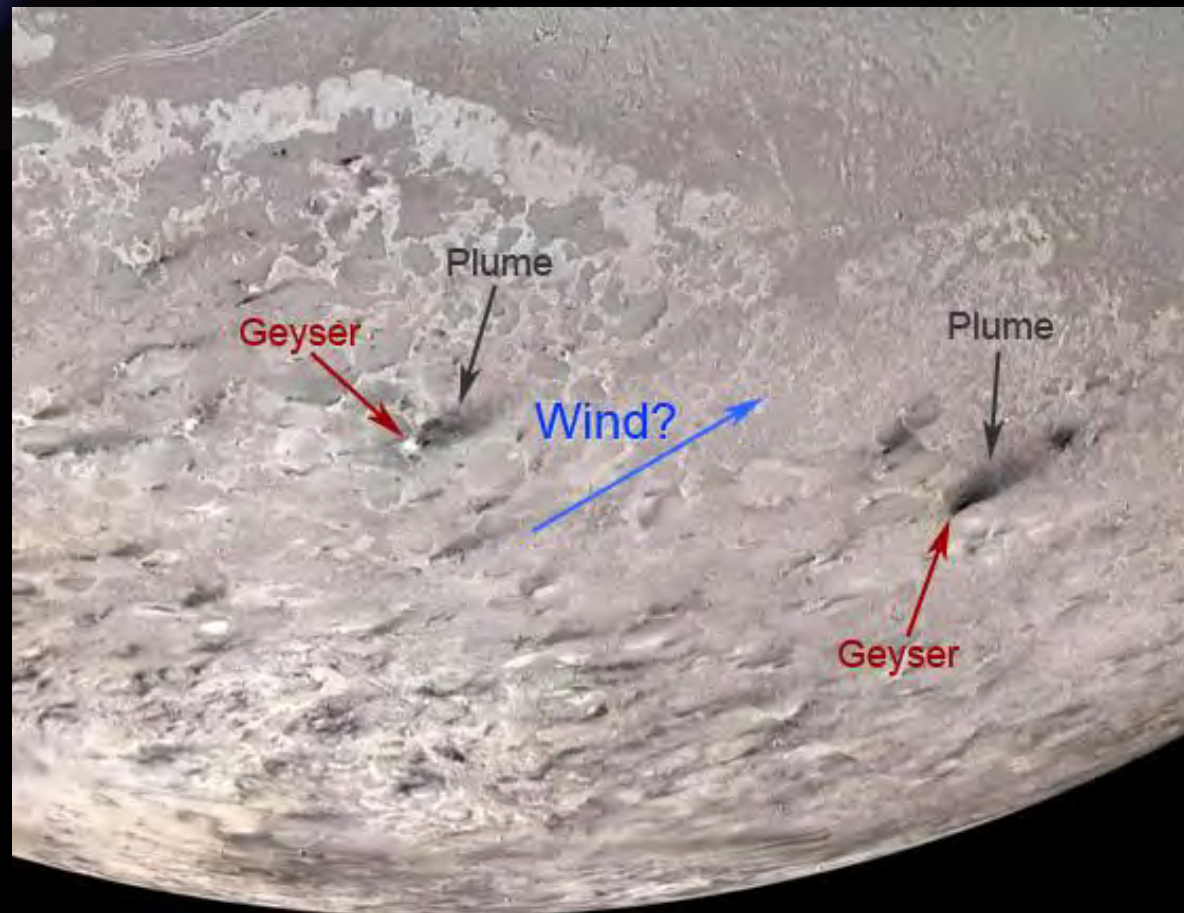
- Zachycený měsíc
- Během záchytu přetaven, dodnes aktivní!
- Migruje k Neptunu, za 3,6 miliard let zanikne





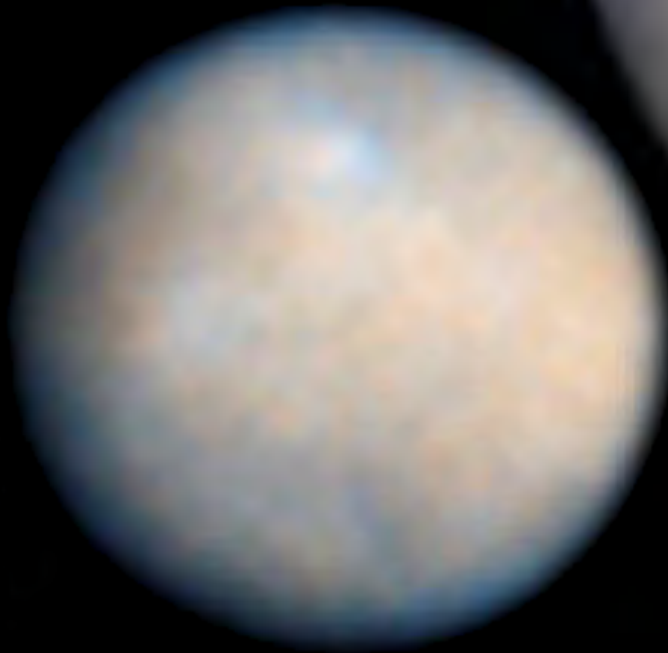
Triton

- Výrazný sklon osy – rok 165 let
- Polární čepička
- Gejíry!
- Dvojník Pluta?



Ceres

- 3x menší než Triton, ale 2x větší než Enceladus
- Ledový plášť
- 2015 – Dawn



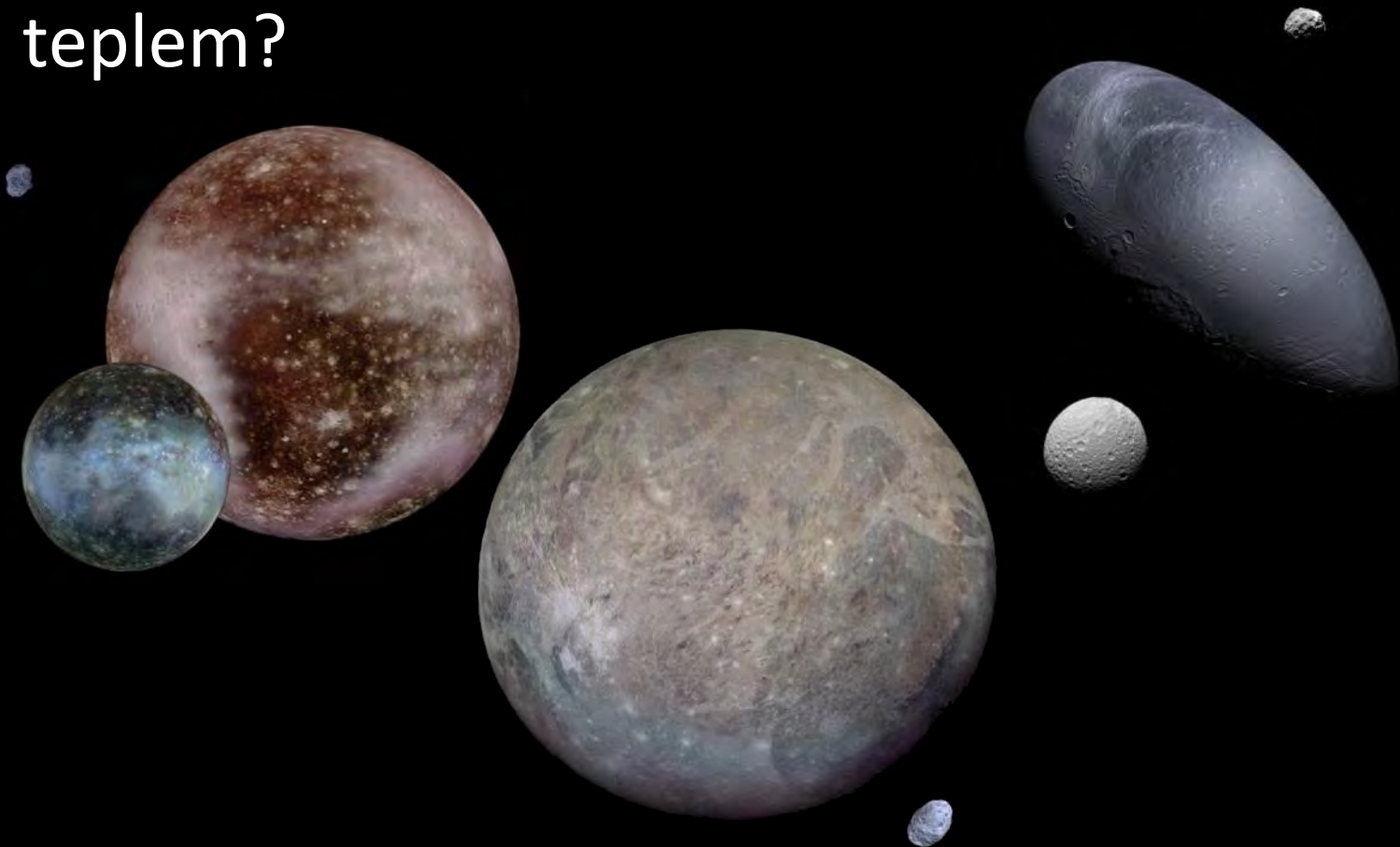
Mrazivá periferie

- Kuiperův pás: 30–50 AU
- Rozptýlený disk: 30–100 AU – zdroj komet
- Kentauři
- Oortův mrak: 2 000–100 000 AU



Pluto a jeho bratřenci

- Amoniakové oceány udržované radioaktivním teplem?



Planeta X?

- WISE v letech 2009 – 2011 zmapovala infračervenou oblohu
- Limity detekce:
 - Planety větší než Neptun do 700 AU,
 - Planety větší než Jupiter do 1 ly
 - Hnědí trpaslíci světelné roky daleko
- Nemesis? Tyche? Planeta X?

Planeta X?

- Ledc
- Sedr

?

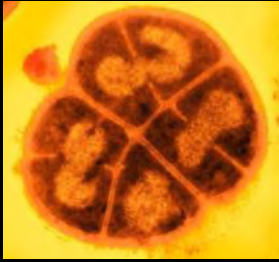


?



Soumrak Země = úsvit ledových těles?





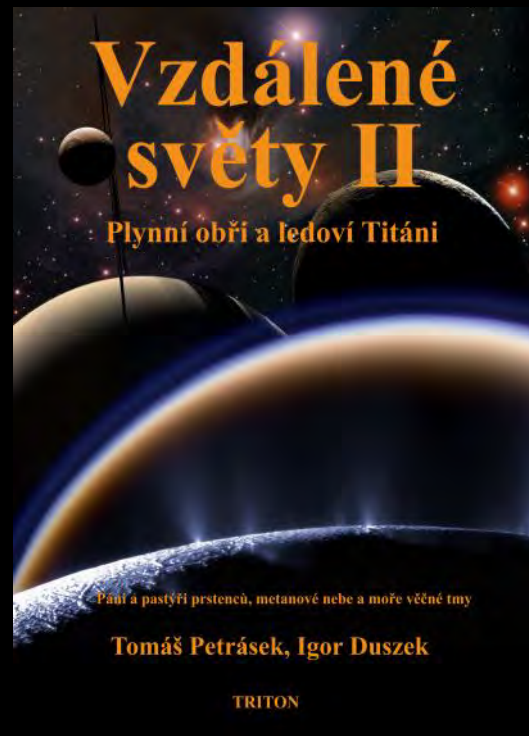
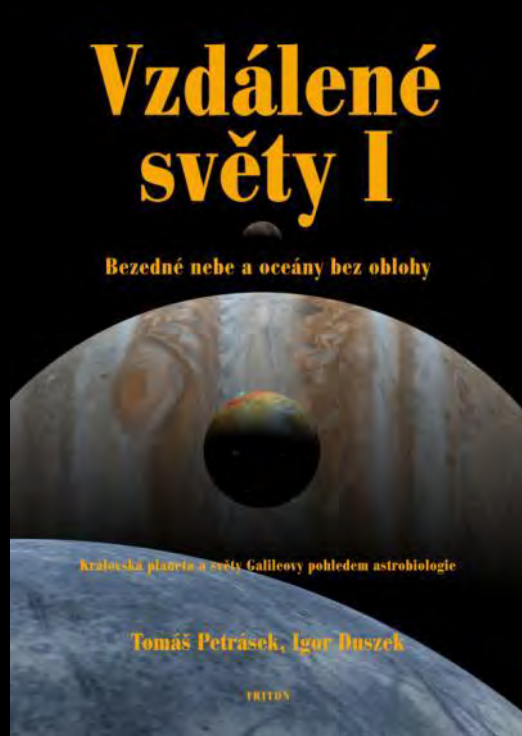
Vzdálené světy

Od r. 2009, společně s Igorem Duszkiem



- Astrobiologie, Sluneční soustava a její zkoumání, plynní obři a ledová tělesa... a ještě mnohem více!

www.vzdalenesvety.cz



Děkuji za pozornost



Zdroje

- B. E. Schmidt, D. D. Blankenship, G. W. Patterson, P. M. Schenk: Active formation of 'chaos terrain' over shallow subsurface water on Europa. *Nature*, 2011.
- Emily Lakdawalla: Is Europa's ice thin or thick? At chaos terrain, it's both! (The Planetary Society Blog)
- Strobel, Darrell F. "Molecular hydrogen in Titan's atmosphere: Implications of the measured tropospheric and thermospheric mole fractions." *Icarus* 208.2 (2010): 878-886.
- Clark, Roger N., et al. "Detection and mapping of hydrocarbon deposits on Titan." *Journal of Geophysical Research: Planets* (1991–2012) 115.E10 (2010).
- Spencer, John R., and Tilmann Denk. "Formation of Iapetus' extreme albedo dichotomy by exogenically triggered thermal ice migration." *Science* 327.5964 (2010): 432-435.
- Verbiscer, Anne J., Michael F. Skrutskie, and Douglas P. Hamilton. "Saturn's largest ring." *Nature* 461.7267 (2009): 1098-1100.
- Matese, John J., and Daniel P. Whitmire. "Persistent evidence of a jovian mass solar companion in the Oort cloud." *Icarus* 211.2 (2011): 926-938.
- Lakdawalla, Emily (August 27, 2009). "The Planetary Society Blog: "WISE Guys"". The Planetary Society. Retrieved December 26, 2009.
- Schröder, K-P., and Robert Cannon Smith. "Distant future of the Sun and Earth revisited." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386.1 (2008): 155-163.

Zdroje

Obrázky:

- NASA/JPL
- Daniel Macháček
- H. Hussmann ,T. Spohn
- Schmidt a kol., 2011
- Adolf Schaller
- Bob Eggleton
- John R. Spencer, Tilmann Denk
- C. Flammarion