

Astrofyzika XI.

Sluneční soustava

Vladimír Štefl

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky



Kosmogonie Sluneční soustavy

gravitační kolaps molekulárního mráčka
 20 pc \rightarrow 1 pc počát. průměr sl. soustavy

počát. impuls - exploze supernovy, průchod
 spirálním ramenem galaxie, hustotní vlny

čelo rázové vlny - zahuštění

Jeansova podmínka

$$R > \left(\frac{3AT}{16\pi G \bar{\rho}} \right)^{1/2}$$

$$\mathcal{M} > \mathcal{M}_J$$

$$R > R_J$$

$$\mathcal{M}_J \sim \rho^{-1/2} T^{3/2}$$

adiabatický kolaps

$$T \sim \rho^{k-1}$$

, k... Poissonova
 konst.

$$\Rightarrow \mathcal{M}_J \sim \rho^{-1/2} T^{3/2} \sim \rho^{-2+3/2k}$$

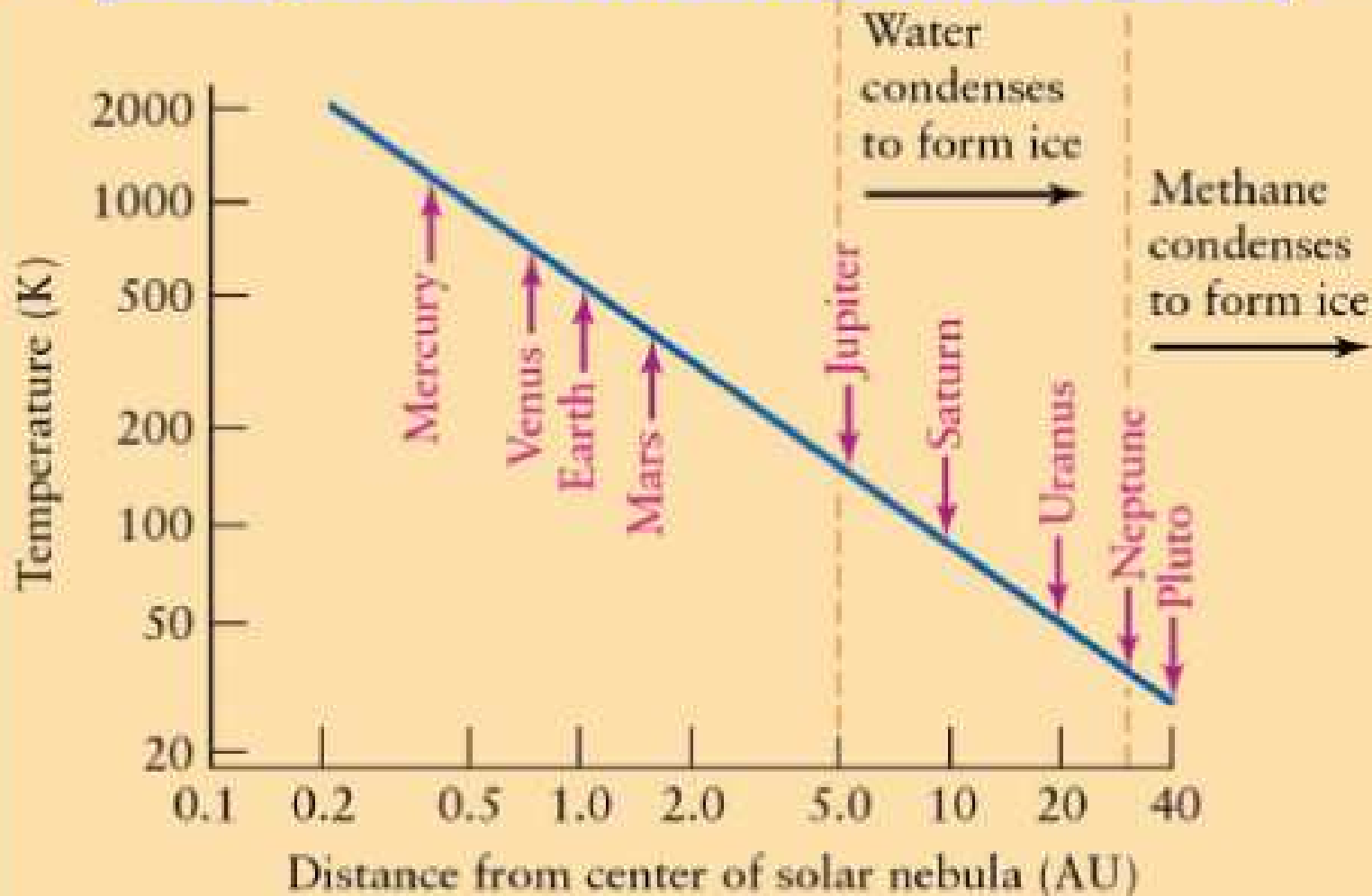
$\sim \rho$

Kosmogonie Sluneční soustavy

na planety malý zbytek hmoty
akrece planetesimál, prachová zrna, clueq.
interakce, sčepování do těles - ϕ tkve
následující srážkami vznik planetesimál
- ϕ to km, jejich další růst
vnitřní část sl. soustavy - teplota 2000 K,
nemožnost kondenzace vody, metanu,
tvorba planet pouze z těžších prvků - terestrické
planety, relativně malé (málo[↑])
ledová čára - (voda-led), srážky, vznik Jupitera,
tílec 10 H_2 , rychlé vysávání vodíku, helia,
vznik Saturna
ve vnitřní části sl. soustavy delší vývoj, velké
bombardování; v páse planetek vznikají
erdžky
terestrické planety vznikaly tolik dříve než
plynné obří, kteří se formovali rychle

Teploata ve Sluneční mlhovině

Temperatures in the Solar Nebula



Kosmogonie sluneční soustavy

- ◆ Decrease in planetary densities reflects the condensation sequence- low density materials require cooler conditions to condense- so they condense only at greater distances from the young Sun

Temperature	Condensate	Planet(Temp)
1500K	Metal oxide	Mercury (1400K)
1300K	Metallic Iron & Nickel	
1200K	Silicates	
1000K	Feldspars	Venus (900K)
680K	Troilite (FeS)	Earth (600K) Mars (450K)
175K	Water Ice	Jovian (175K)
150K	Ammonia-water ice	
120K	Methane-water ice	
65K	Argon-neon ice	Pluto (65K)

Kosmogonie Sluneční soustavy

Uran a Neptun půlili selu a klesli se co nejvíce
poblíž se sl. soustavy, vznikly blíže k Jupiteru a

Saturnu

za 500 mil. let již vznikly různé planety

nestotně pohyb, nepravidelný pohyb; rezonance

Saturnu s Jupiterem, migrace planet:

Jupiter se přiblížil ke Slunci

Saturn se vzdálil od Slunce

Uran, Neptun - vzdálení, výměna pořadí

na frakci Kuiperova pásu, vznik těles

s eliptickým dráhami - Oortův oblak

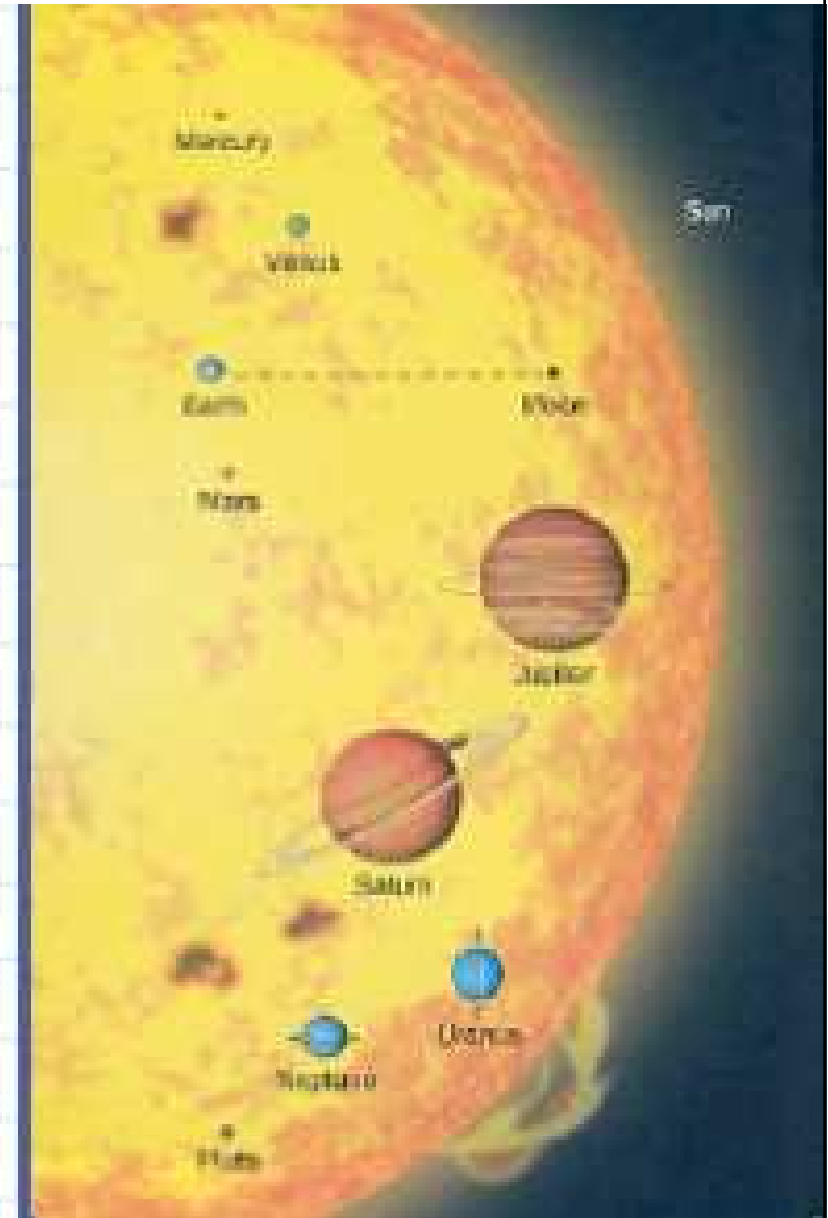
produci bombardování kerntidných planet

planetkami, kometami - H_2O , vycházející ke

Slunci Jupiterem

Kosmogonie Sluneční soustavy

- ◆ There are two kinds of planets in the solar system
 - Rocky, Earth-like planets that are located relatively close to the Sun
 - Gaseous, giant planets like Jupiter that are in the outer solar system
- ◆ Location
 - Four inner planets are terrestrial, outer planets are Jovian
- ◆ Mass
 - Terrestrial planets are small, while Jovian planets are giants
- ◆ Density and composition
 - Terrestrial planets have the density of rock, whereas the Jovian planets have much lower density closer to that of water

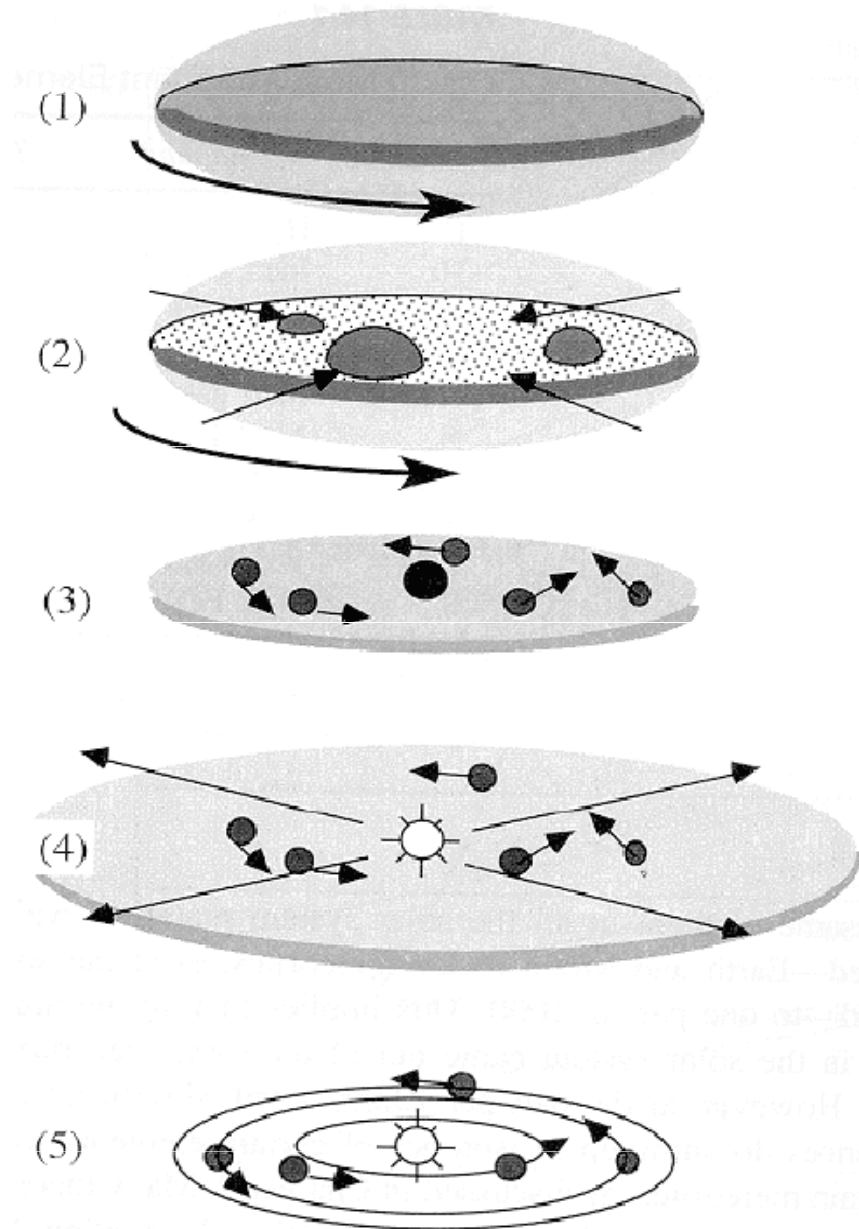


Kosmogonie Sluneční soustavy

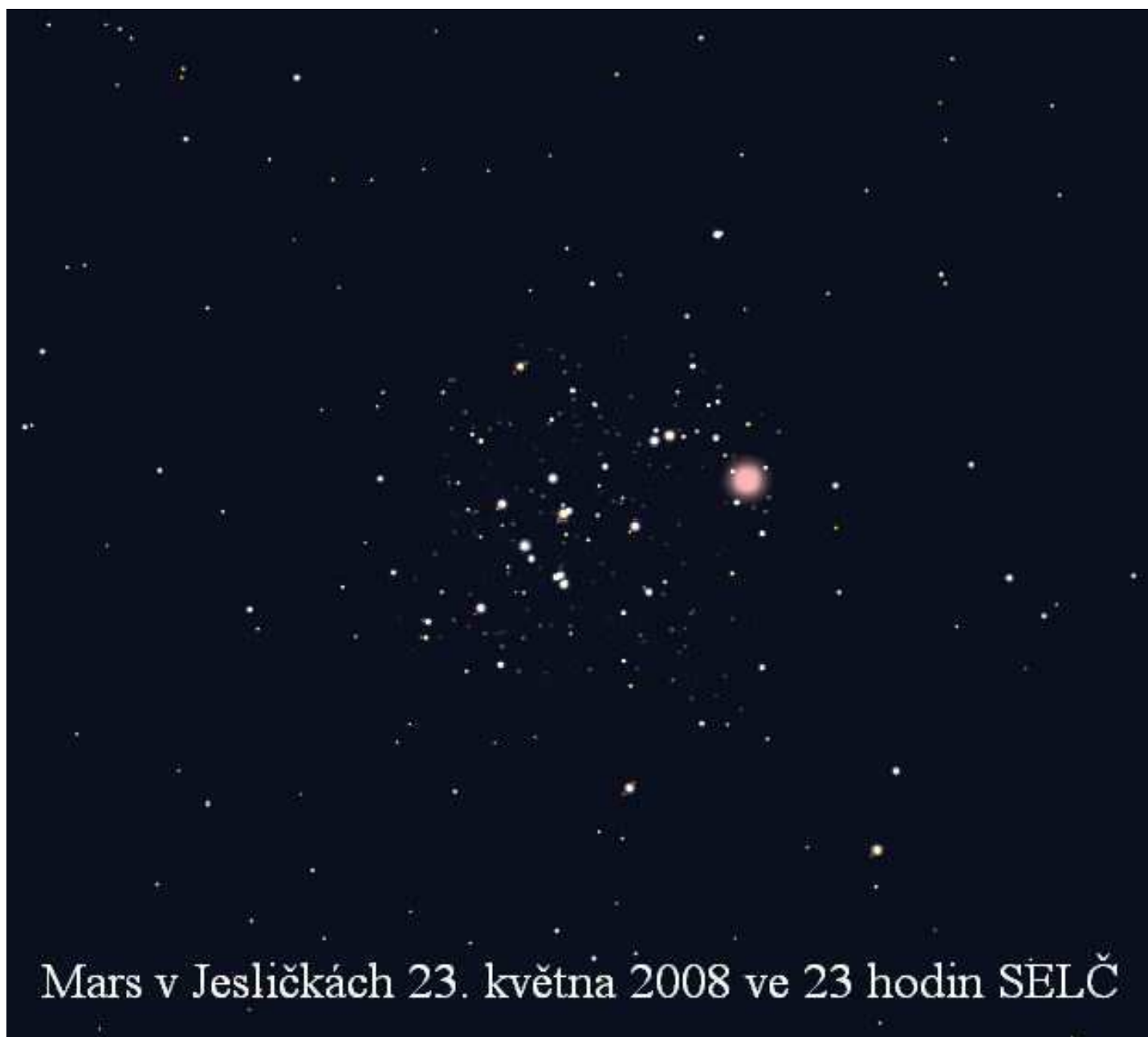
Mezihvězdné mračno prachu a plynu o teplotě 10 K, se začalo smršťovat a rotovat kolem rotační osy, plyn se soustředil v centrálním kulovém útvaru, prachová zrna v disku, setkávaly se a slepovaly, za 1 000 roků, vznikla zrna o velikosti 10 milimetrů, pokračovala ve spojování až za dalších 1 000 roků vznikla tělesa o průměru 5 km, *planetesimály* první generace. Za přibližně 20 000 roků se vytvořily *planetesimály* druhé generace o průměrech 500 – 800 km, hmotnostech řádově 10 na 21 kg. Tato tělesa začala gravitačně vázat plyn z původního plynu v disku. Narůstající záření Slunce zvyšovalo teplotu, tudíž většina atomů respektive molekul dosáhla únikové rychlosti a odletěla do meziplanetárního prostoru. Tam působil rovněž sluneční vítr, proud nabitých částic pohybujících se rychlostí 100 – 1000 km/s. Prvotní atmosféru si uchovaly pouze Jupiter, Saturn, Uran a Neptun. Terestrické planety si vytvořily druhotné atmosféry.

Kosmogonie Sluneční soustavy

- 1. Nebular disk formation
- 2. Initial coagulation ($\sim 10\text{km}$, $\sim 10^5$ yrs)
- 3. Orderly growth (to Moon size, $\sim 10^6$ yrs)
- 4. Runaway growth (to Mars size, $\sim 10^7$ yrs), gas loss (?)
- 5. Late-stage collisions ($\sim 10^7\text{-}8$ yrs)



Mars



Mars v Jesličkách 23. května 2008 ve 23 hodin SELČ

Charakteristiky Marsu



Ave distance from Sun	1.524 AU
Eccentricity of Orbit	0.0934
Max Distance	1.66 AU
Min Distance	1.38 AU
Inclination of Orbit	1.8°
Ave Orbit Velocity	24.1 km/s
Orbit Period	687 days (1.88 years)
Rotation Period	24 ^h 37 ^m
Inclination of Equator	25°
Diameter	6,796 km (53% Earth's)
Mass	0.108 Earth's
Ave Density	3.94 (3.3) g/cm ³
Surface Gravity	0.379 Earth's
Escape Velocity	0.45 Earth's
Surface Temp	-140°C to 20°C
Albedo	0.16



Pozorování Marsu ze Země

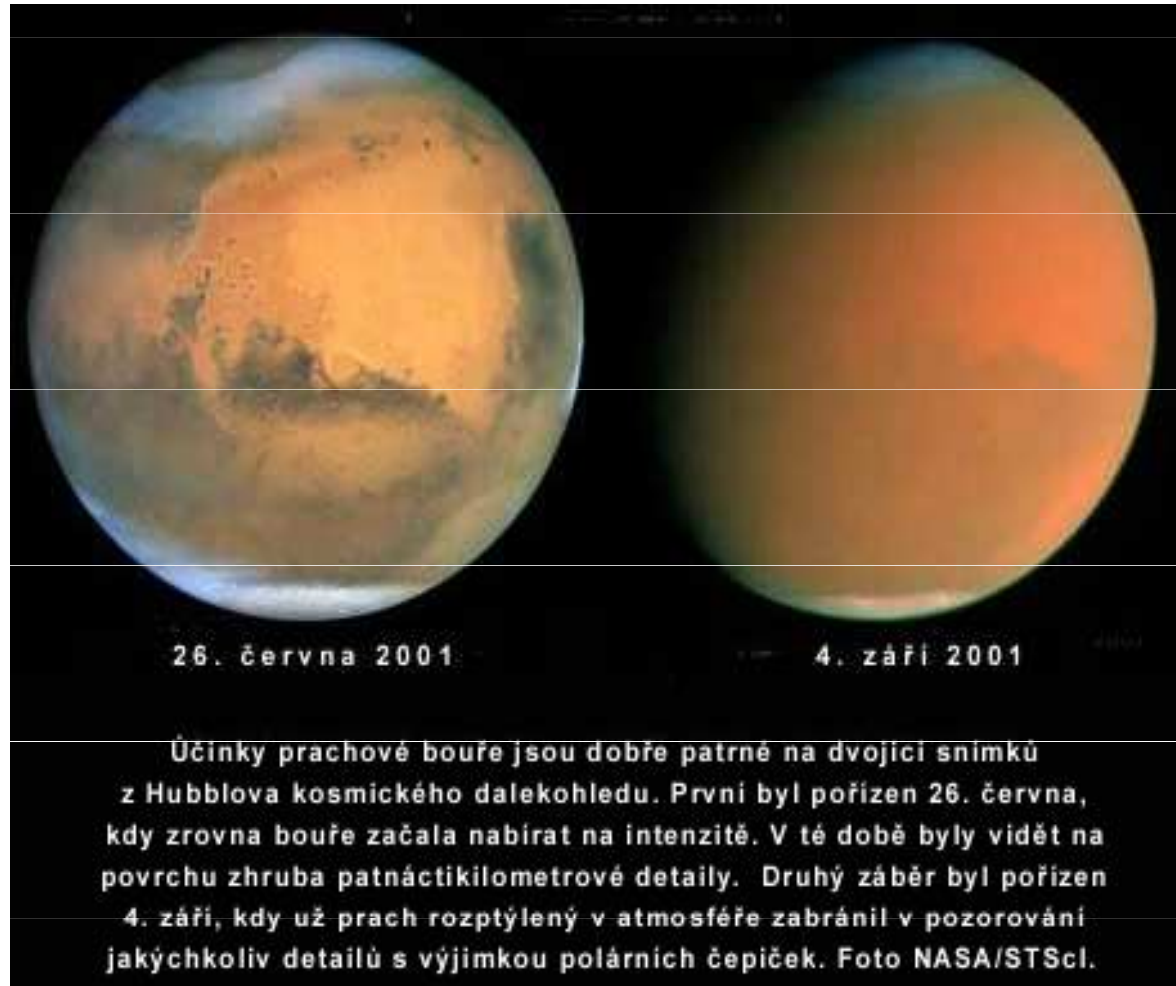


table 13-2

Oppositions of Mars, 2004–2008

Date of opposition	Earth-Mars distance		Angular diameter (arcsec)
	(AU)	(10^6 km)	
2005 November 7	0.464	69.4	20.2
2007 December 24	0.589	88.1	15.9

Mars – globální prachová bouře



Severní čepička – vodní led, jižní – vrstva ≈ 8 m CO_2 ,
pod ní vodní led,

Mars - solární konstanta 590 W/m^2 , získává méně zářivé energie,
přesto za 30 roků narostla teplota řídké atmosféry o $1,7^\circ \text{C}$

Tvář na povrchu Marsu, atmosféra

- ◆ Detailed observations by NASA spacecraft have only altered the nature of claims about life on Mars— not put the claims to rest
 - Viking images (1977) turned up a surface feature suggestive of a face
 - Mars Global Surveyor (90's) provided a more detailed look
 - "Analyses" like this one fully unearth the human mask

Go to www.mufor.org for more laughs!

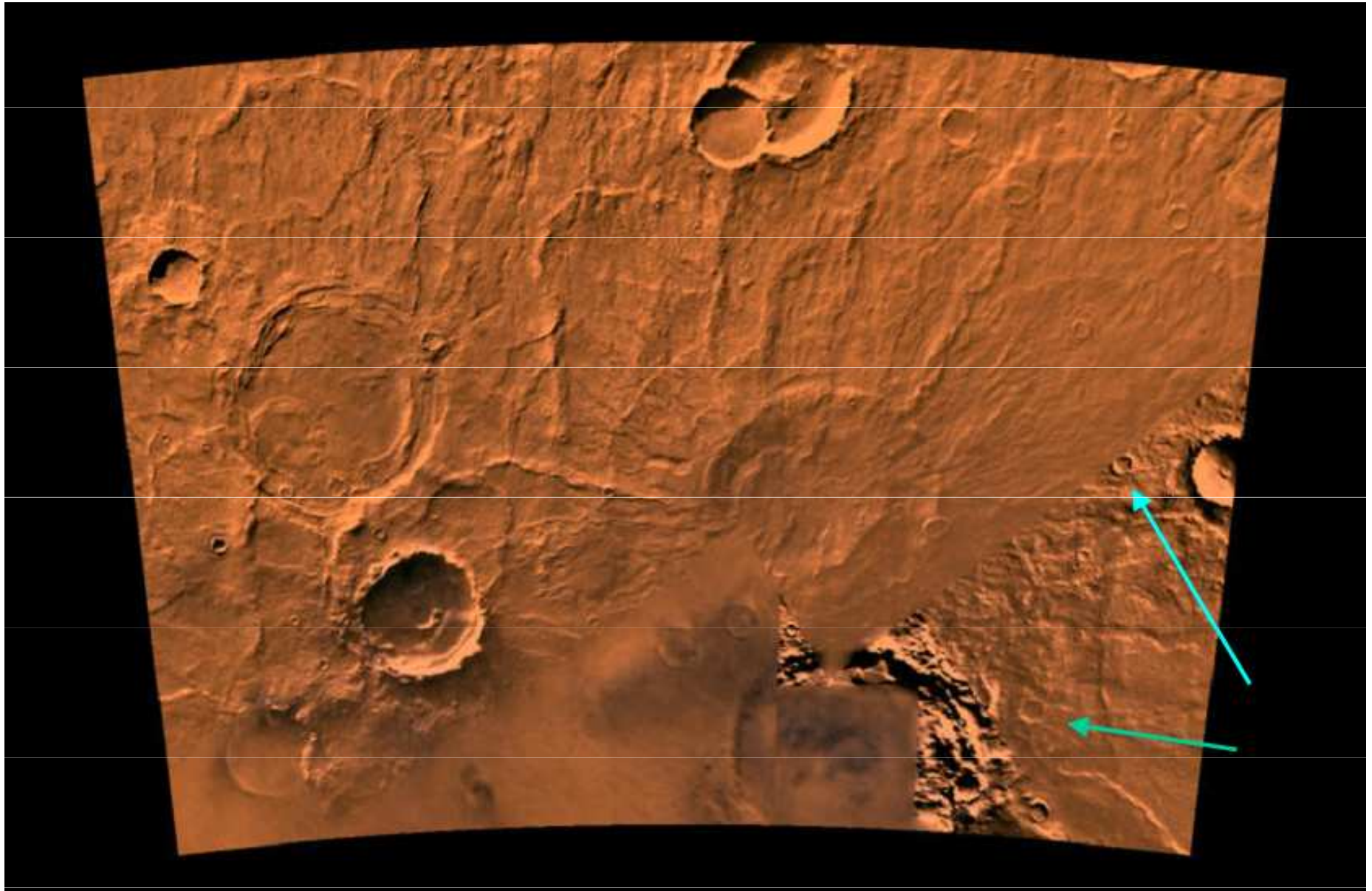


velikost \approx 200 m

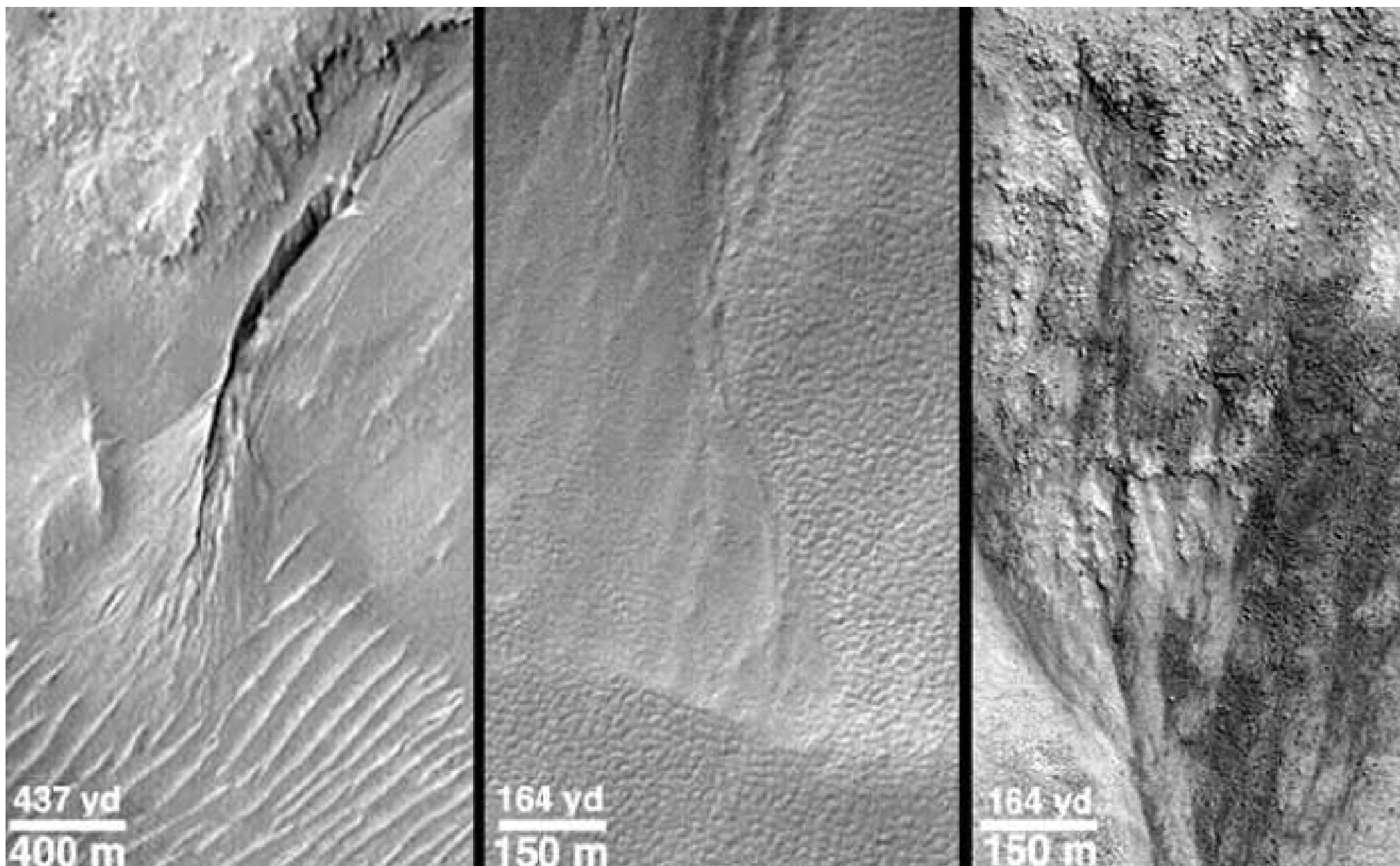
- ◆ Composition
 - 95% CO₂, with 2% nitrogen, 1.5% argon and little water or oxygen
- ◆ Density at the surface is only 1% of the Earth's atmosphere
- ◆ Haze from water-ice crystals and carbon dioxide ice caps are apparent in the Hubble Space telescope photographs (taken ~6hrs apart)



Zvětrávání kráterů na Marsu



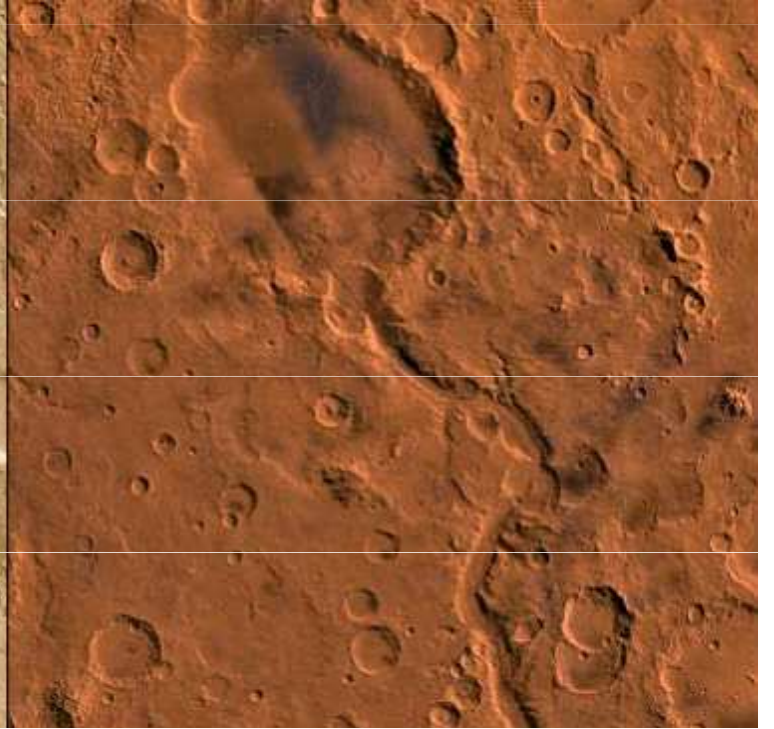
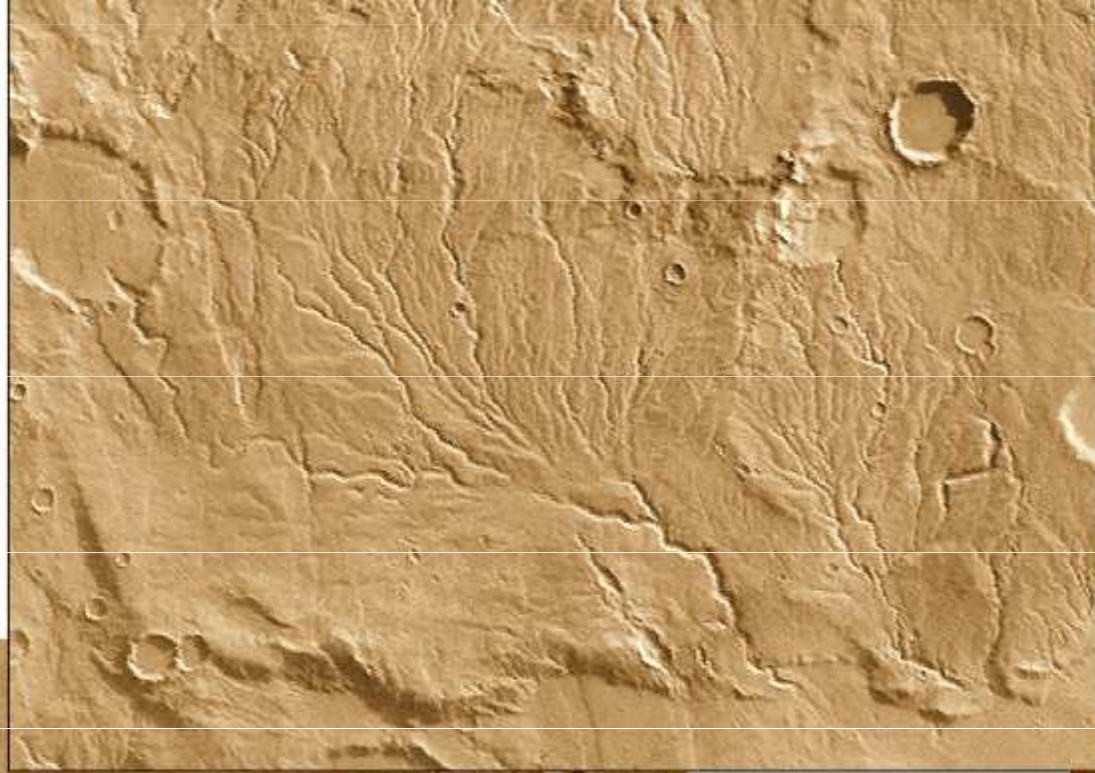
Mars – útvary v písečném povrchu



Mars – impaktní kráter o průměru 2,3 km



Povrch na Marsu



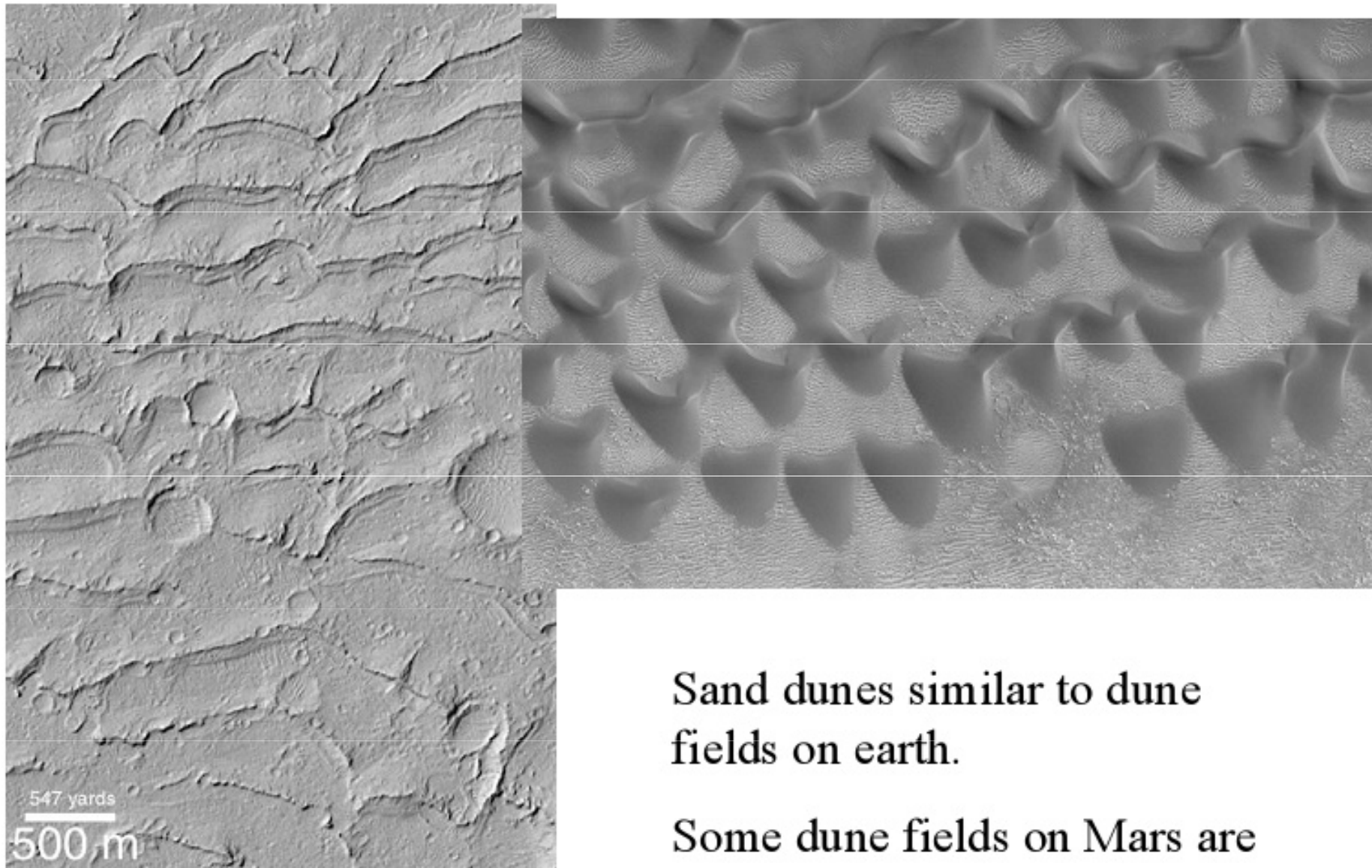
Mars:
evidence for
floods,
reservoirs and
networks of
carved gullies

Mars

Mars Global Surveyor: přirozené kanály, stékání vody, písku z vyvýšenin



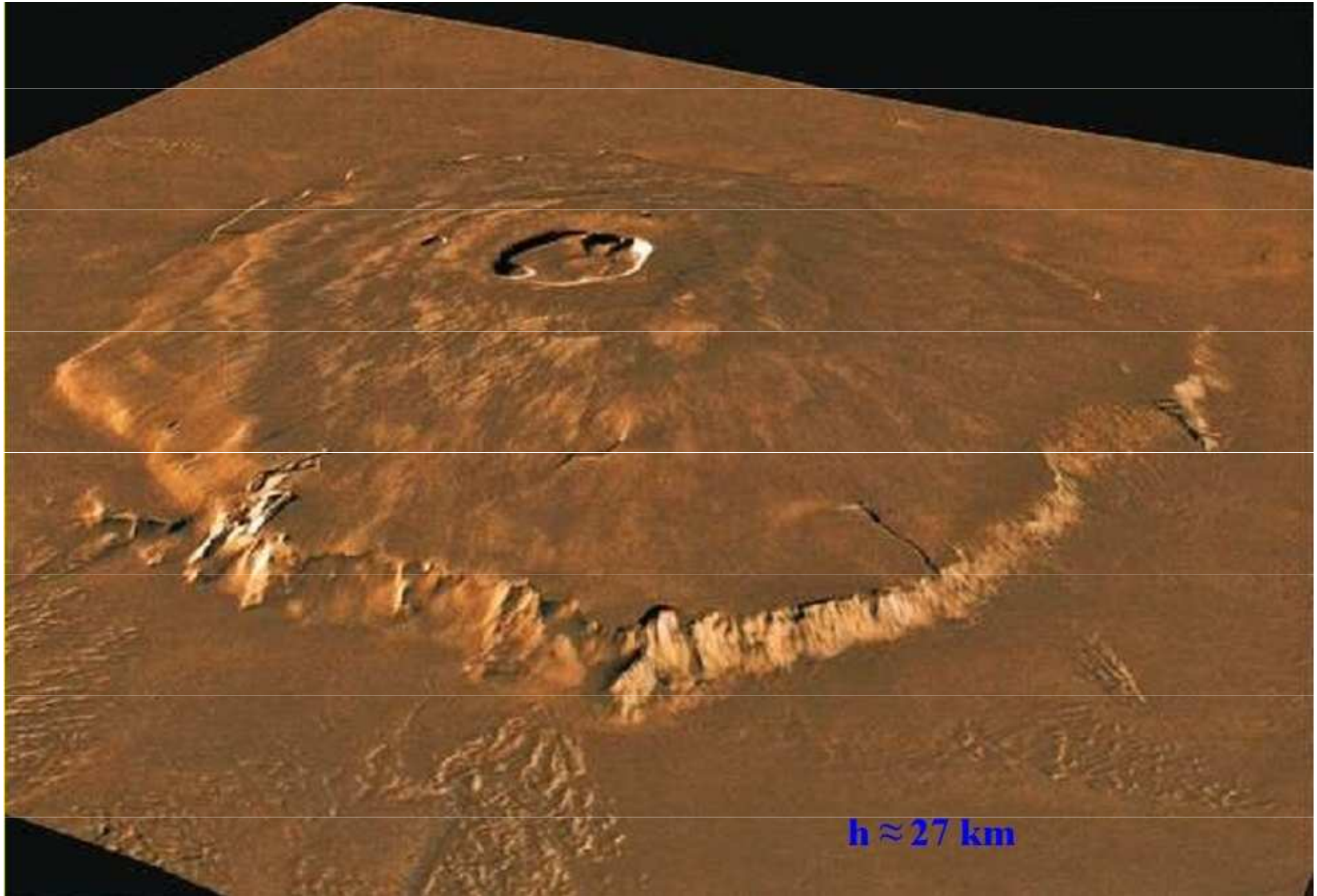
Navátý povrch na Marsu



Sand dunes similar to dune fields on earth.

Some dune fields on Mars are long lived.

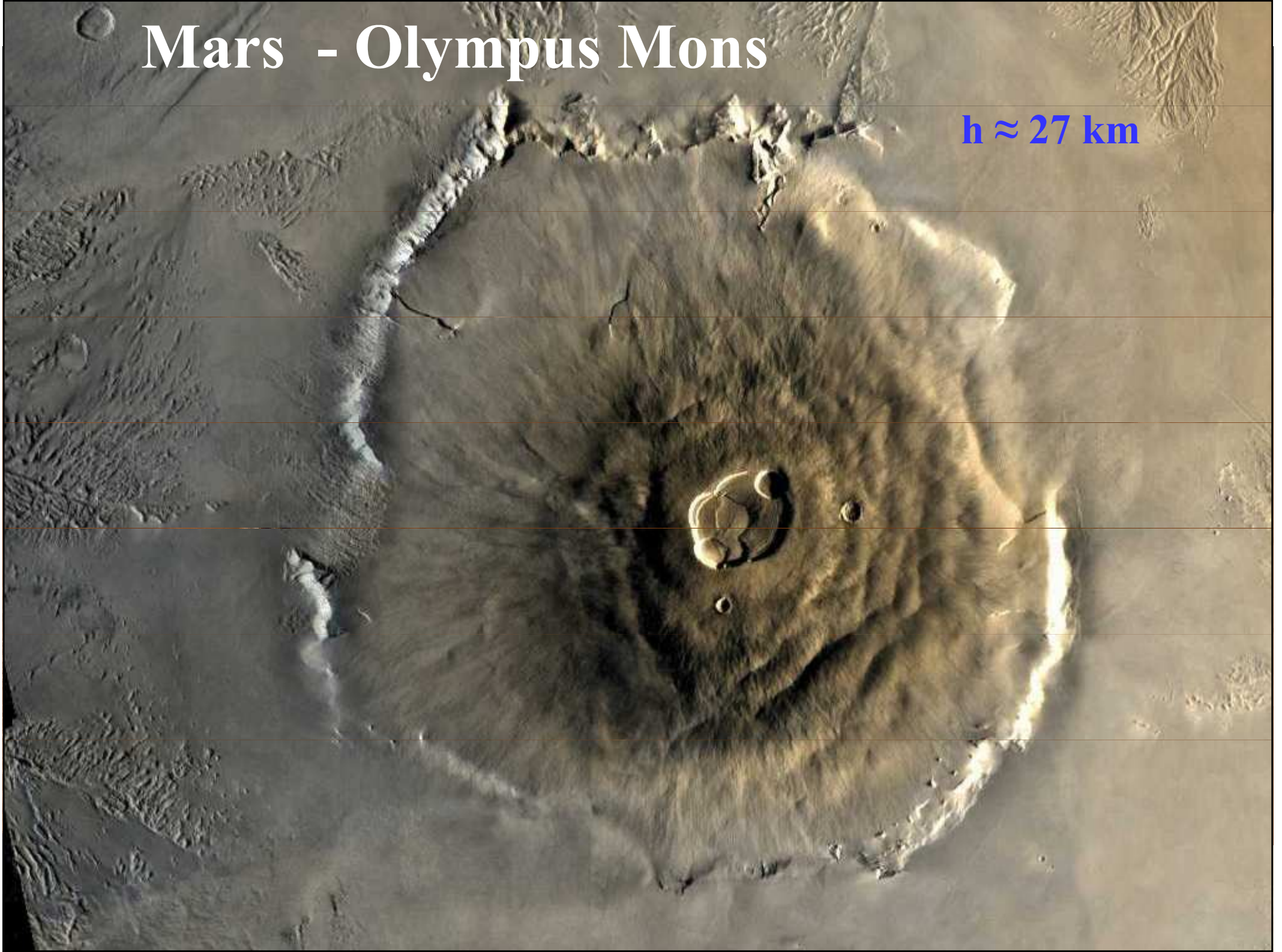
Mars – Olympus Mons



$h \approx 27 \text{ km}$

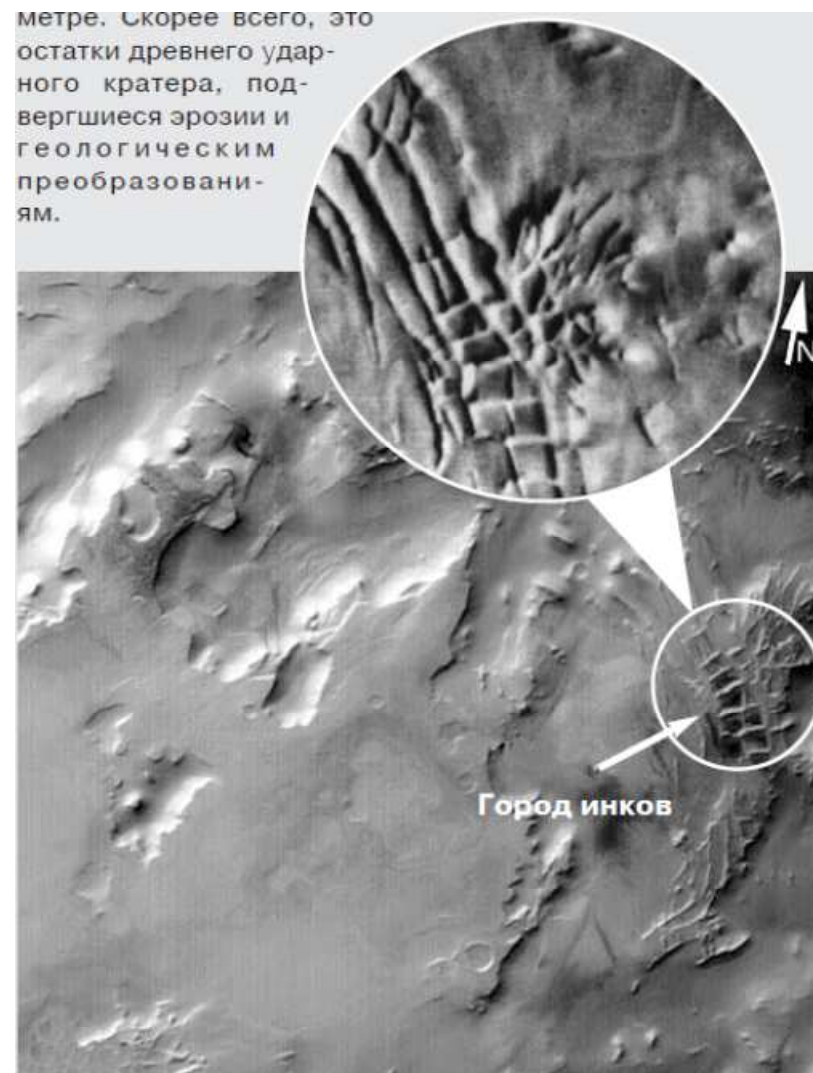
Mars - Olympus Mons

$h \approx 27 \text{ km}$



Mars

Mariner 9, Mars Global Surveyor, 1997: město Inků, jaké přírodní procesy ho zformovaly?



Atmosféra Marsu

CO₂ 95,23 %

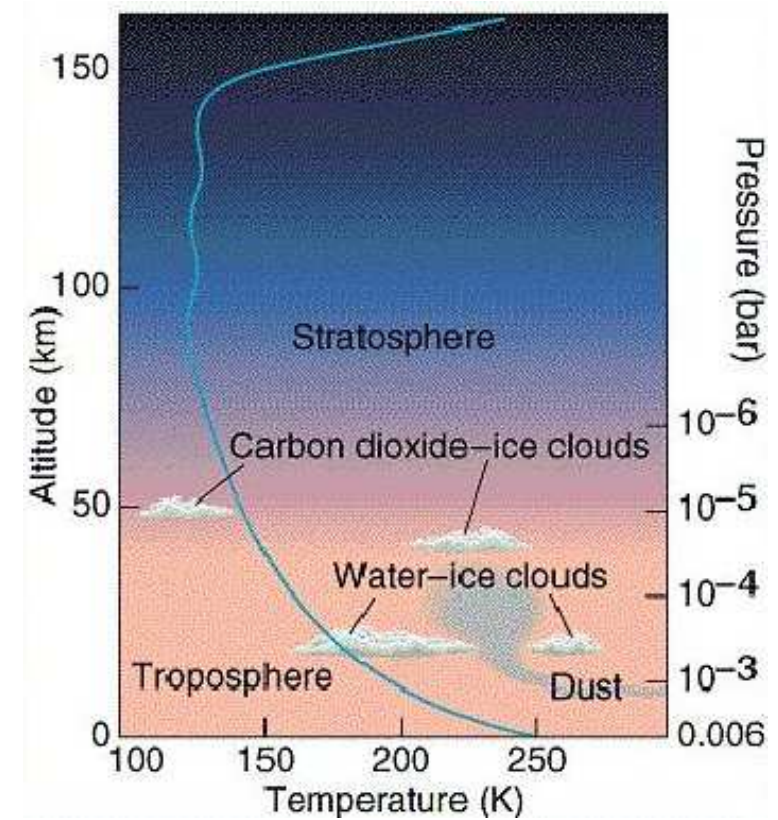
N 2,7 %

Ar 1,6 %

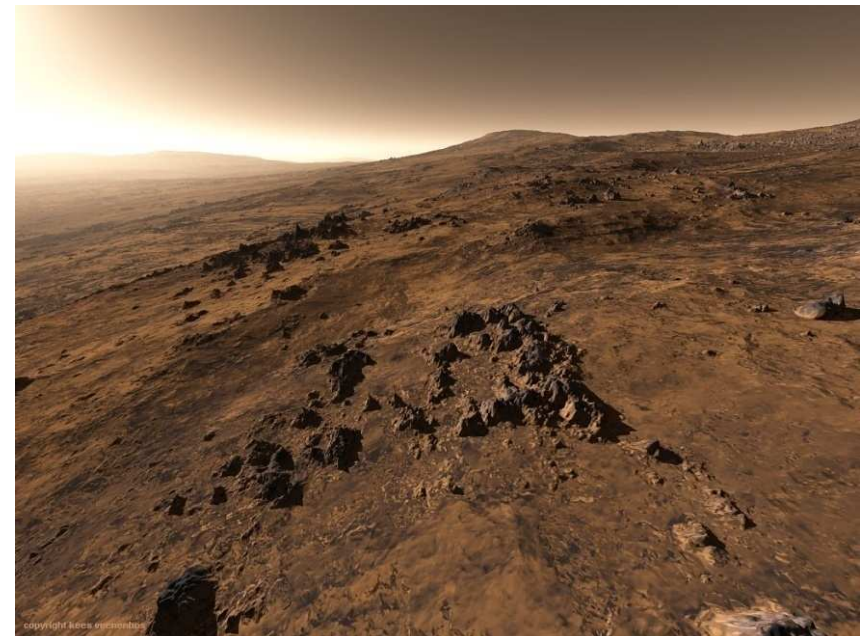
O 0,13 %

CO 0,07 %

CH₄ 10,5 ppb - 10⁻⁹



sonda Mars Express,
Keckovy dalekohledy –
metan, trvalý zdroj ?
činné sopky nejsou,
mikroby ?



Vozítko Opportunity r. 2004



Otočný stěžeň:

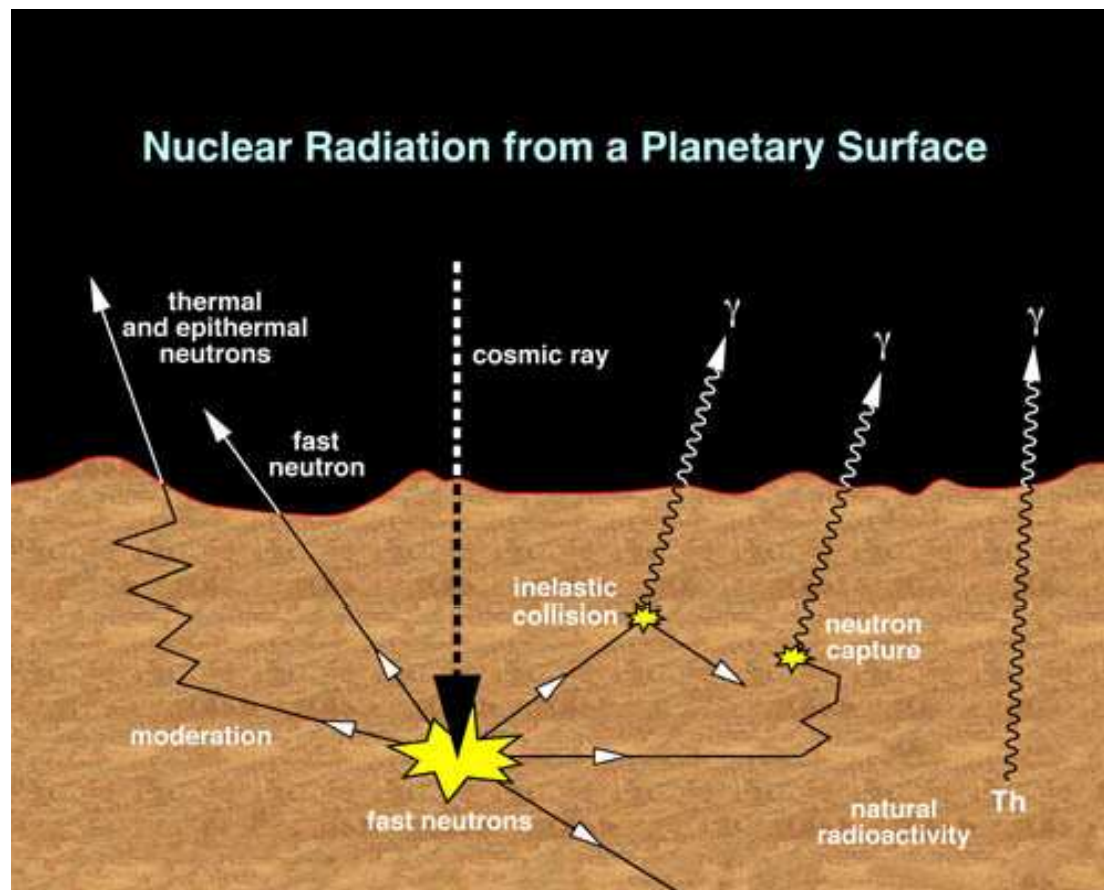
panoramatická kamera
PanCam spektrometr
tepelných emisí – výzkum
nerostů z tepelného
vyzařování

Výklopné rameno: spektrometr rtg a α záření,
mikroskopický zobrazovač – detailní snímky hornin

sluneční články – úklid „**tančící dervíši**“ nestejněměrný ohřev
terénu a atmosféry, výška až 660 m, průměr 230 m, pohyb nad
terénem rychlostí (1 – 60) m.s⁻¹

Výzkum povrchu Marsu

- vymezené oblasti povrchu zkoumány (μm -mm), spektrální odrazivost, absorpce v infračervené oblasti různé druhy minerálů např. na planetách

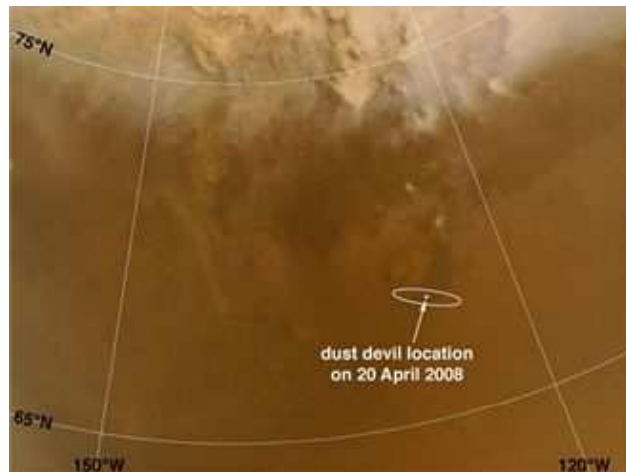


Výzkum **gamma-záření** – určování prvků (speciálně s přirozenou radioaktivitou U,Th)

- Energie jednotlivých gamma-paprsků jsou charakteristické pro jednotlivé prvky

Výzkum povrchu Marsu

Mars nemá deskovou tektoniku jako Země, na povrchu strouhy od písku než řečiště, pouze delty řek vytvořeny vodou, přistávací modul Phoenix - 350 kg , sestup na padáku asi 13 minut, působil na okraji severní polární čepičky, pokles teploty vedl po 5 měsících k vypnutí modulu: půda ph - 7,7 , ledové krystaly zamrznuté do regolitu do hloubky 5 - 15 cm



Výzkum povrchu Marsu

Perseverance Rover r. 2021



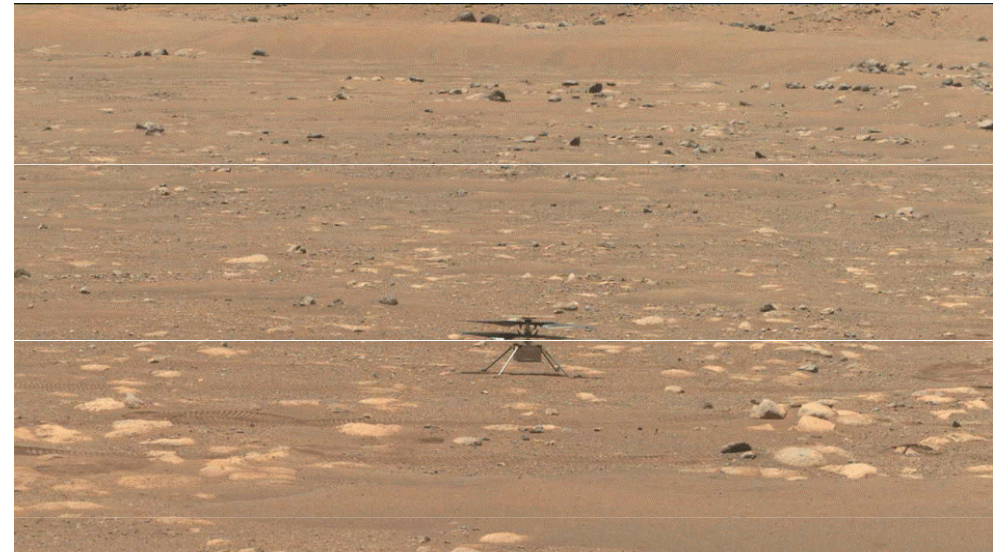
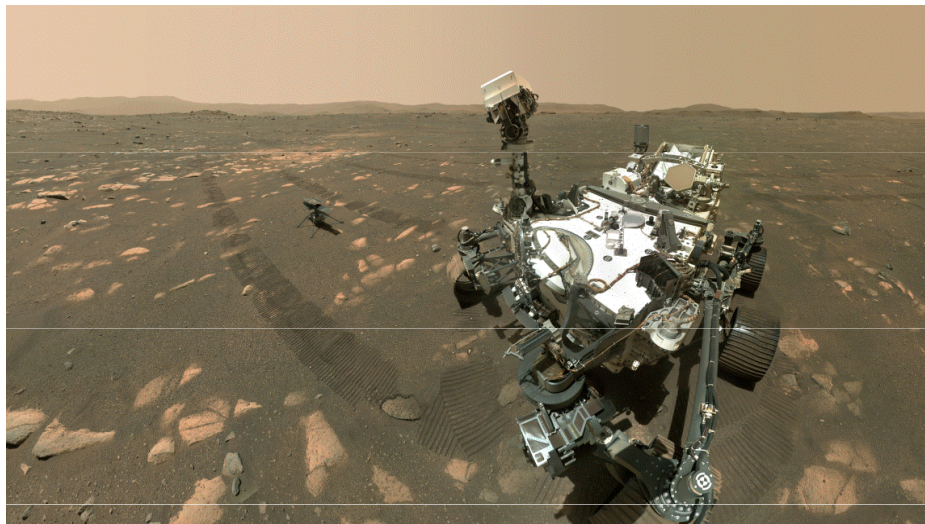
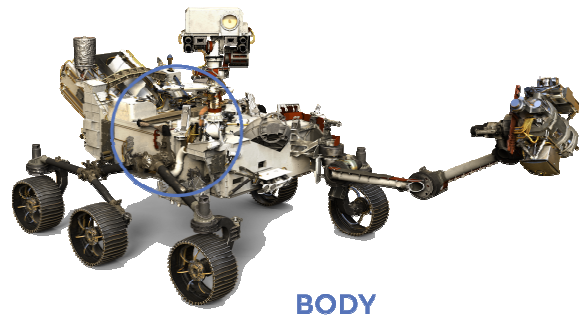
Obr. 1 Klíčovým cílem mise Perseverance na Marsu je astrobiologie, včetně hledání známek starodávného mikrobiálního života. Rover bude charakterizovat geologii planety a minulé podnebí, připraví půdu pro lidský průzkum Rudé planety a bude první misí pro sběr a ukládání marťanské horniny a regolitu (rozbitá skála a prach). *Foto: NASA/JPL-Caltech*

Skutečnost, že na Marsu metan je, je bezpečně potvrzena. Co je však jeho původcem? Mohl by metan na Marsu znamenat život, podle toho, jak známe původce metanu ze Země? Potvrzení života na naší nejbližší planetě by bylo jistě zprávou století i potvrzením mnoha vědeckých teorií. Existuje však i další vysvětlení přítomnosti tohoto plynu, které o jeho živém původci neuvažuje.

Jedním z možných vysvětlení přítomnosti metanu na Marsu by totiž mohla být metanogeneze, tedy abiotická syntéza organických molekul – jakási obdoba fotosyntézy, ale bez přítomnosti živé hmoty. Tímto způsobem lze oxid uhličitý (obsažený v atmosféře Marsu) na povrchu oxidických minerálů a v kyselém prostře-

Výzkum povrchu Marsu

Perseverance Rover r. 2021



Výzkum povrchu Marsu

Perseverance Rover r. 2021

SC: Perseverance má několik důležitých vědeckých cílů. Jedním z těch, které mě velmi zajímají, je zjistit, jakého původu je metan na Marsu – zda chemického, či živočišného. Dalším úkolem této mise je identifikovat prostředí, jež mohlo v minulosti podporovat mikrobiální život. Dalším je hledání známek možného života v prostředích, zejména v horninách, o nichž se ví, že mohou zachovávat stopy života.

SC: O planetě Mars a jeho povrchu je toho již hodně známo. Na Zemi byly nalezeny meteority vykazující marťanský původ. Na planetě Mars úspěšně přistály americké sondy Viking již v roce 1976, dále i sonda Pathfinder, která na Mars v roce 1997 dopravila dvanáctikilové vozítko Sojourner. Následovala robotická vozítka Spirit a Opportunity v roce 2004. Obrovské množství informací předal robot Curiosity a v únoru 2021 přistála na povrchu Marsu sonda Perseverance. Tak byly identifikovány informace o složení povrchu Marsu, který je tvořen regolitem – tedy oxidickými materiály typu Fe_2O_3 , TiO_2 , Al_2O_2 . Víme také, že povrch Marsu, na rozdíl od planety Země, obsahuje poměrně velké koncentrace chloristanů, chlorečnanů, alkalických kovů nebo kovů alkalických zemin včetně síry. K důle-

Mars - Valles Marineris

MARS the Movie

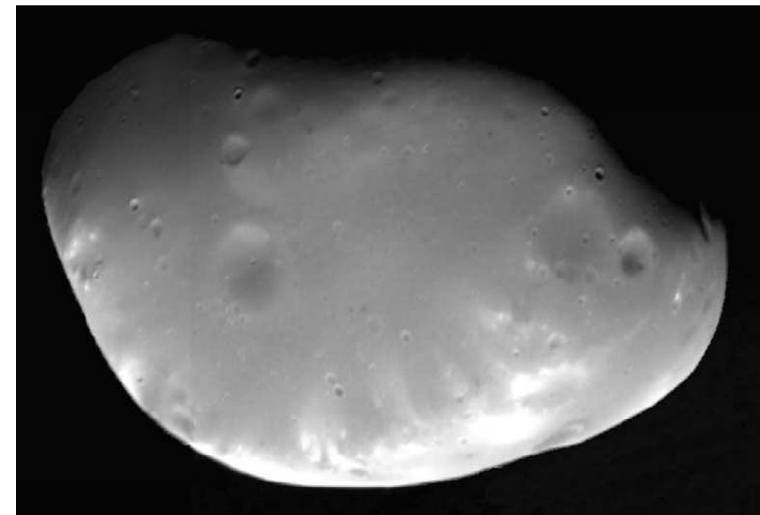
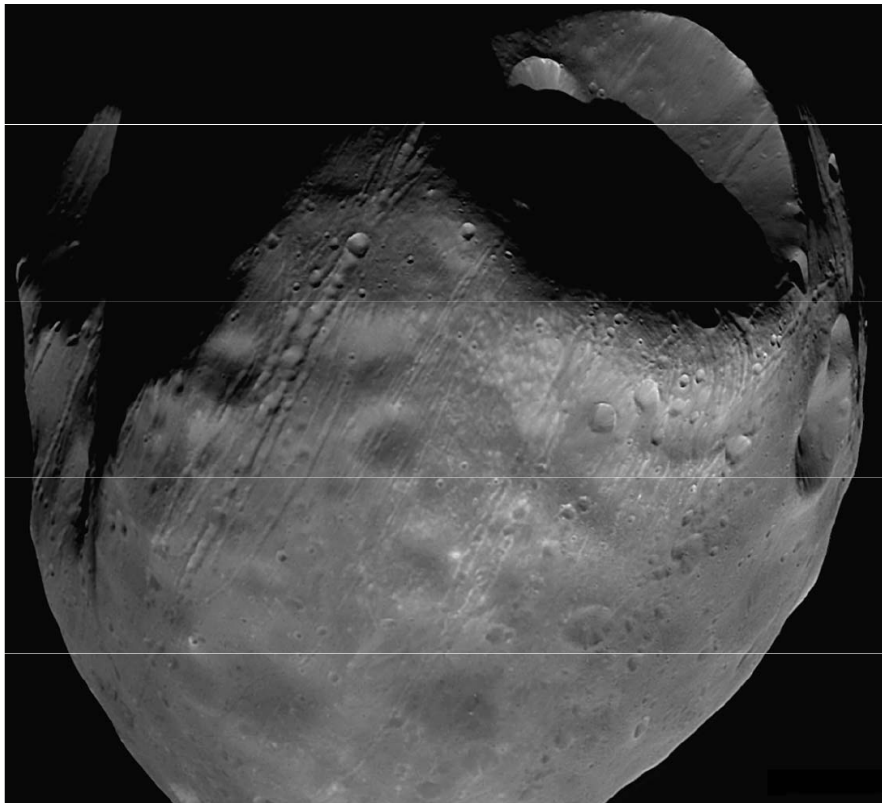
This NASA Hubble Space Telescope full-globe picture of the planet Mars is the most detailed view of the red planet ever taken from Earth's distance. Hubble resolves details on Mars' surface as small as 30 miles across, to reveal craters, volcanoes, the north polar ice cap, and fleecy white clouds in the thin Martian atmosphere.



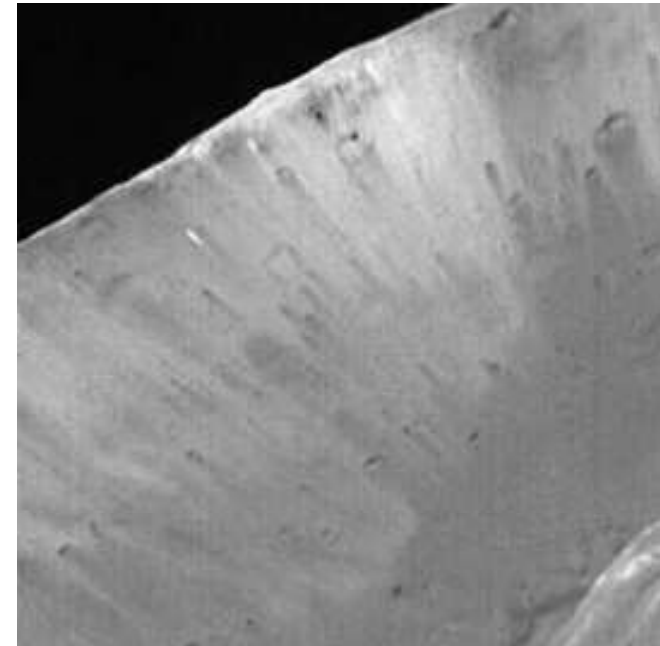
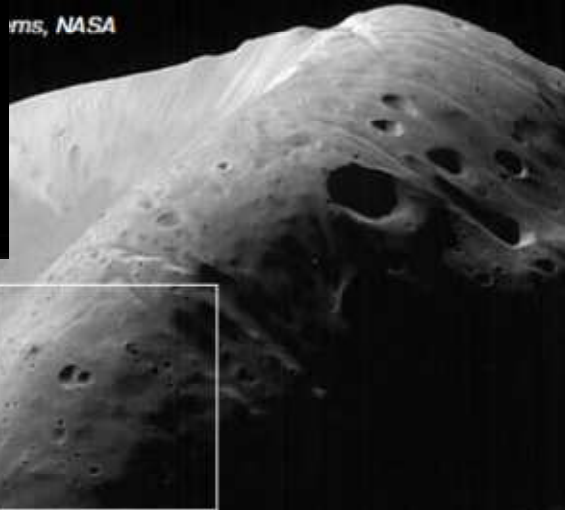
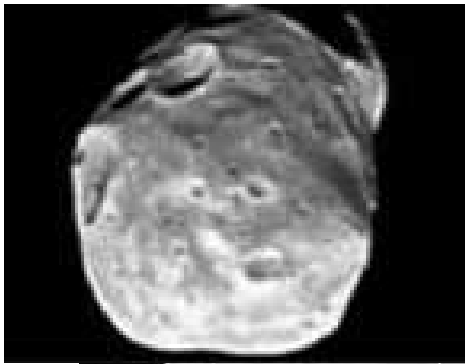
hloubka až 7 km, šířka (200 – 500) km, délka 4 000 km, průlet od východu, končí tzv. labyrintem

Mars – Phobos a Deimos

	Фобос	Деймос
Расстояние от центра Марса, км	9378	23 459
Период вращения и орбитальный период, дней	0,32	1,26
Размеры, км	27 × 21,6 × 18,8	15 × 12,2 × 11
Масса, кг	$10,6 \times 10^{15}$	$2,4 \times 10^{15}$



Phobos – detaily povrchu



Mars Global Surveyor, 1988, ze vzdálenosti 1080 km, kráter Stickney – 10 km

Planetka a její měsíc - Ida a Dactyl



Ida 56 x 54 x 21 km, doba rotace 4 h 38 min, detaily 24 m

Dactyl 1,6 x 1,4 x 1,2 km, vzdálenost 100 km

Jupiter – charakteristiky

Datafile Jupiter

Ave distance from Sun	5.203 AU
Eccentricity of Orbit	0.0484
Max Distance	5.455 AU
Min Distance	4.951 AU
Inclination of Orbit	1.3°
Ave Orbit Velocity	13.1 km/s
Orbit Period	11.9 years
Rotation Period	9 ^h 55.5 ^m
Inclination of Equator	3.1°
Diameter	142,900 km (11.2 Earth's)
Mass	317.8 Earth's
Ave Density	1.34 g/cm ³
Surface Gravity	2.54 Earth's
Escape Velocity	5.4 Earth's
Surface Temp	-120°C
Albedo	0.064



Cassini's Farewell View of Jupiter

Jupiter



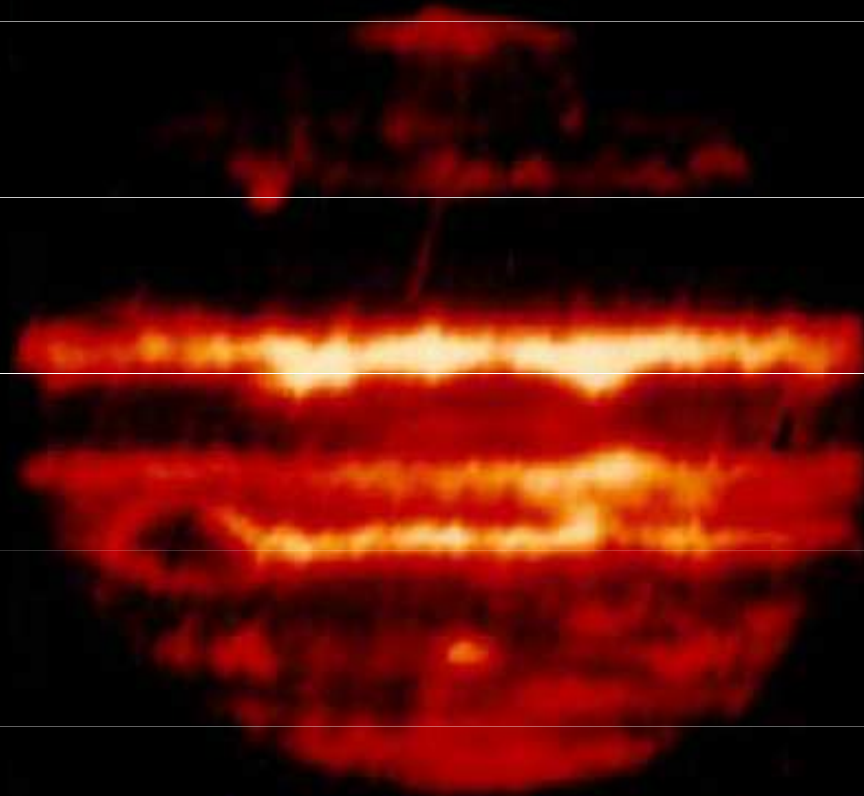
www.spacetelescope.org

Jupiter

Jupiter

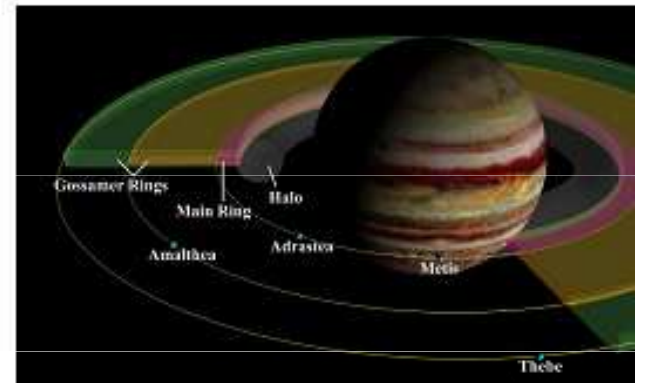
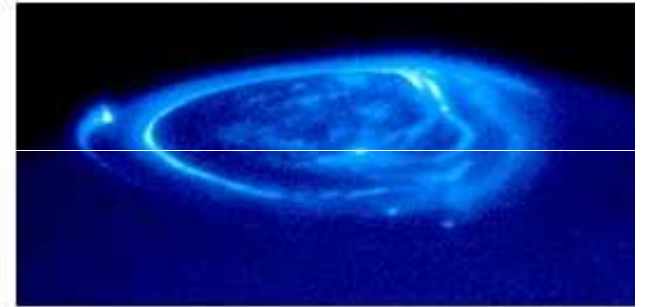
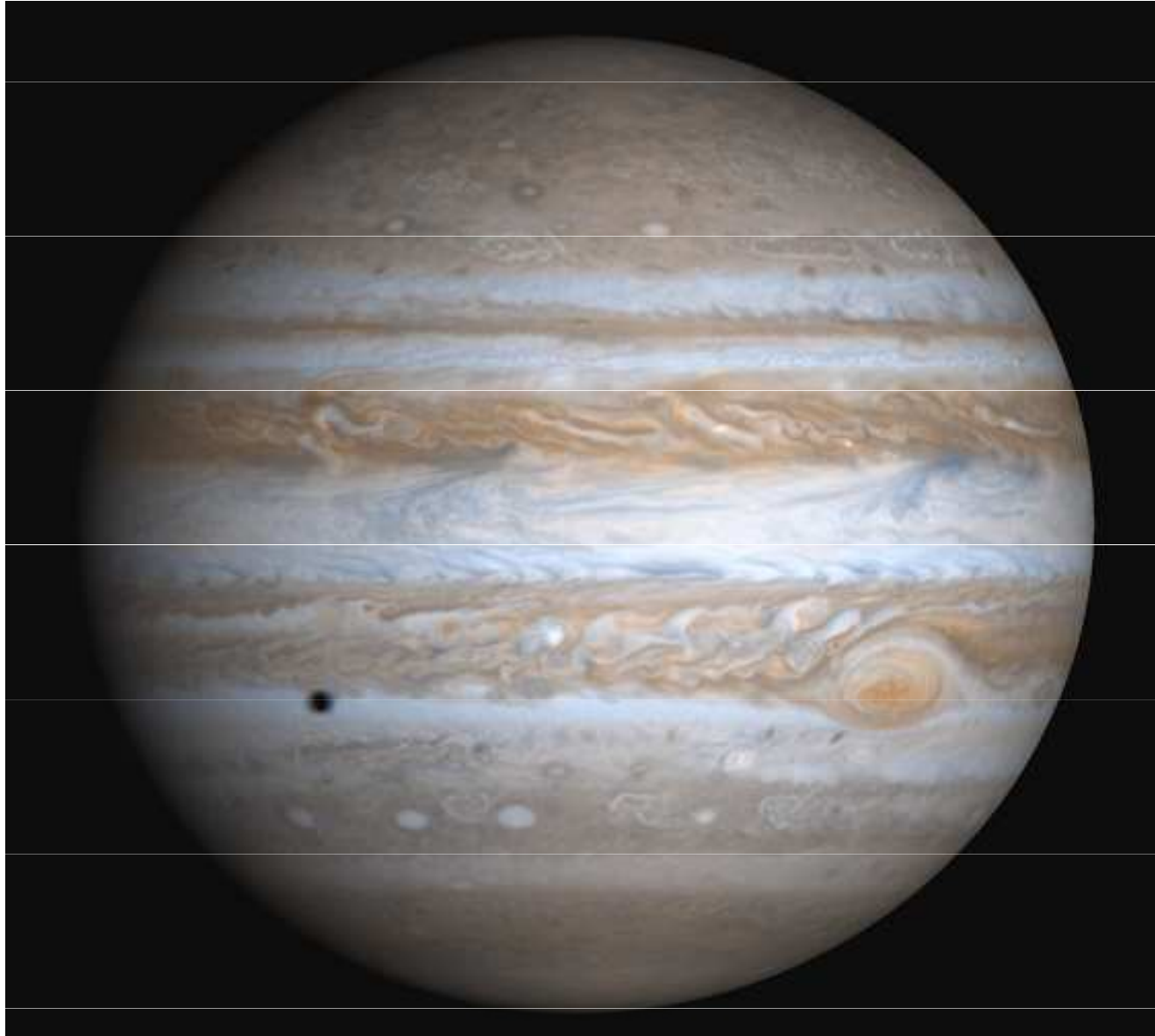
Near IR

Optical

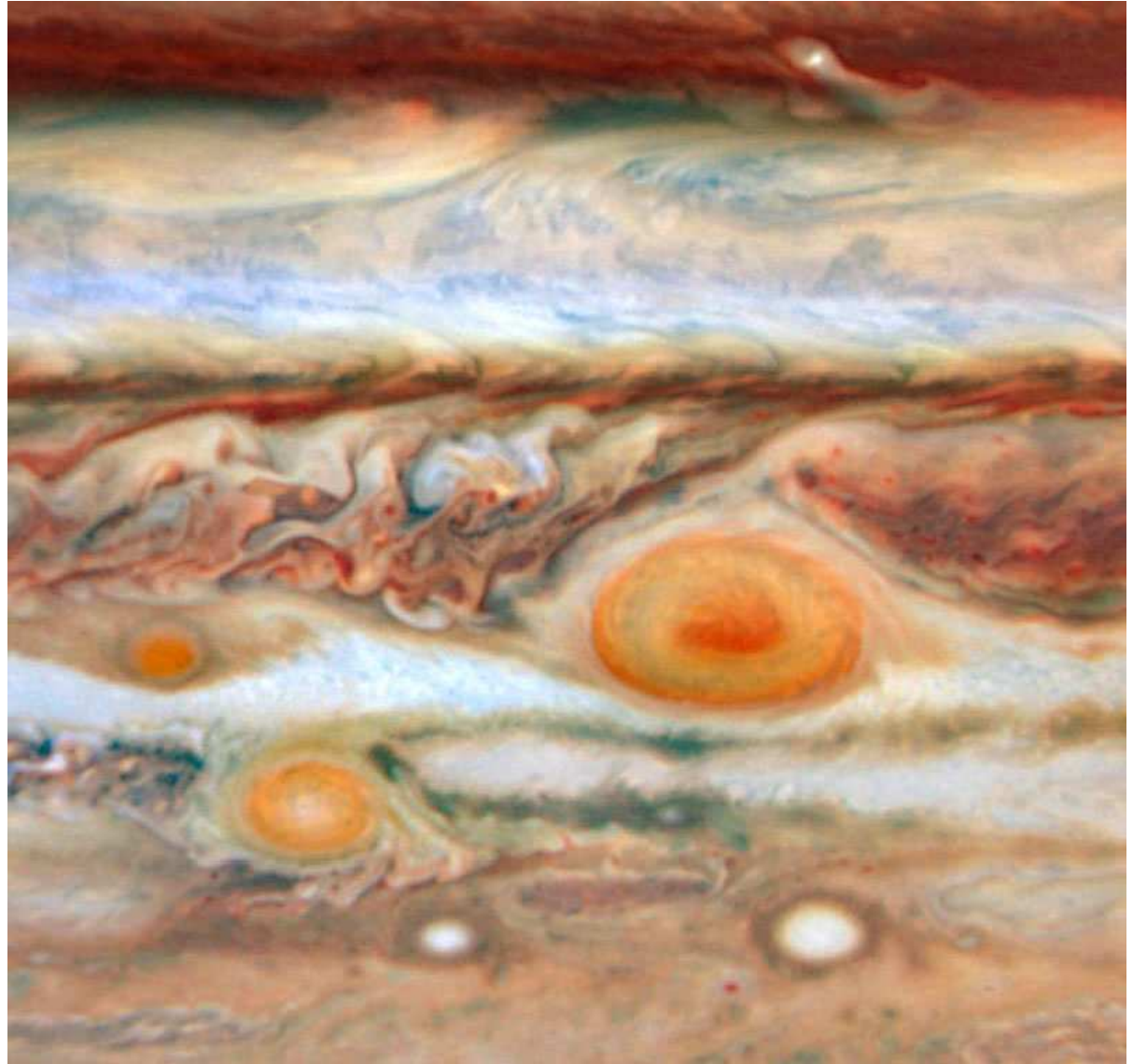


Infrared bright regions correspond to dry regions that are dark in optical images. Dry air sinks so these are downward flows.

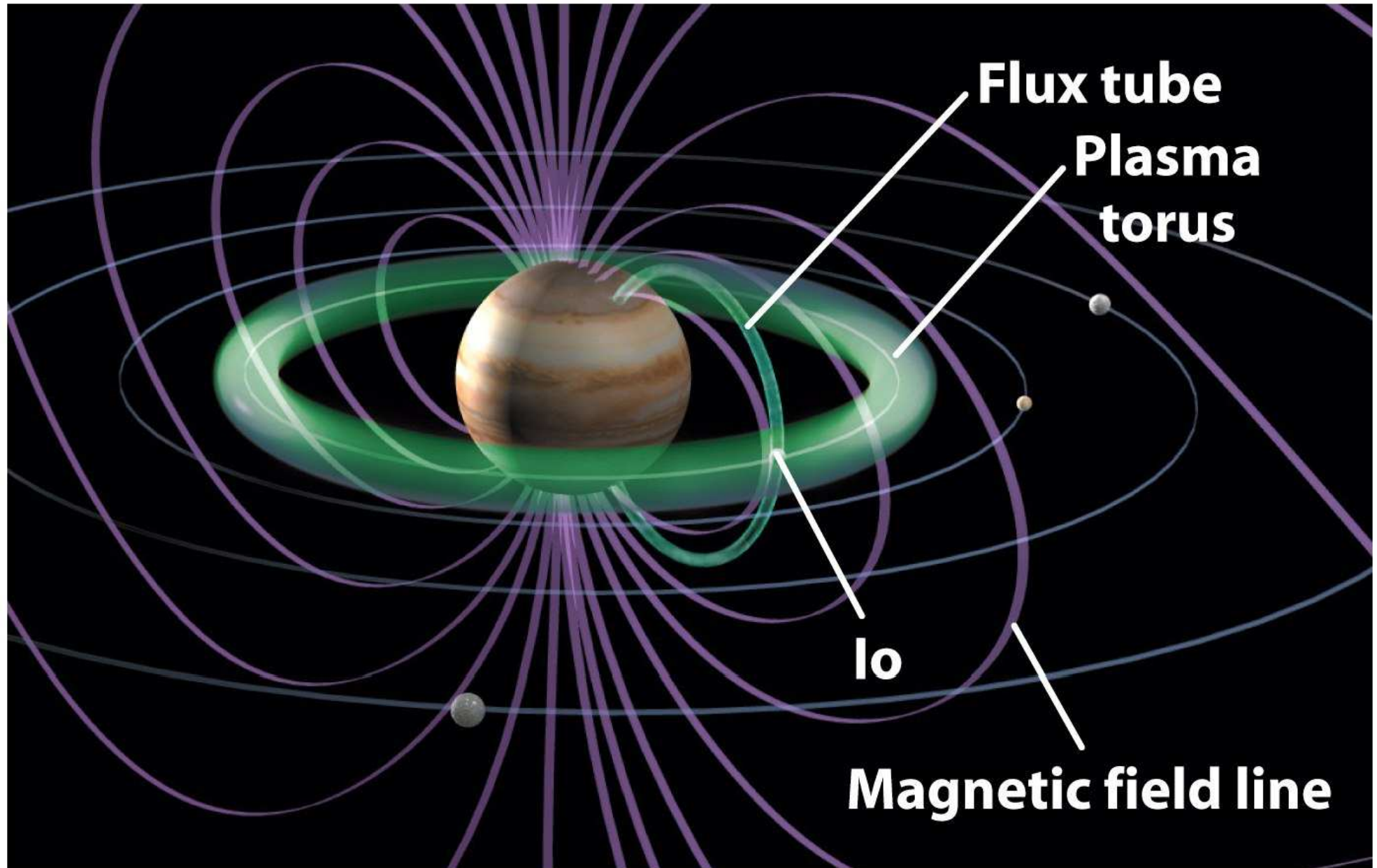
Jupiter



Jupiter – třetí rudá skvrna

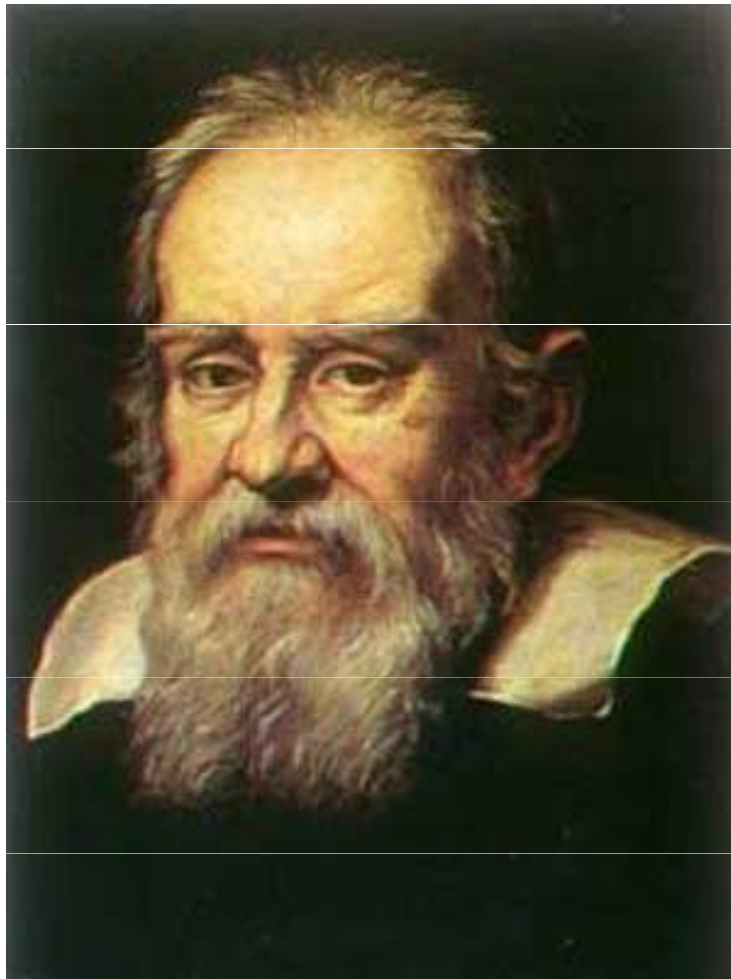


Jupiter – magnetické pole



Jupiterovy měsíce

- **1610 Galileo Galilei – objev 4 největších měsíců Jupiteru Io, Europa, Ganyméd, Kallistó,**



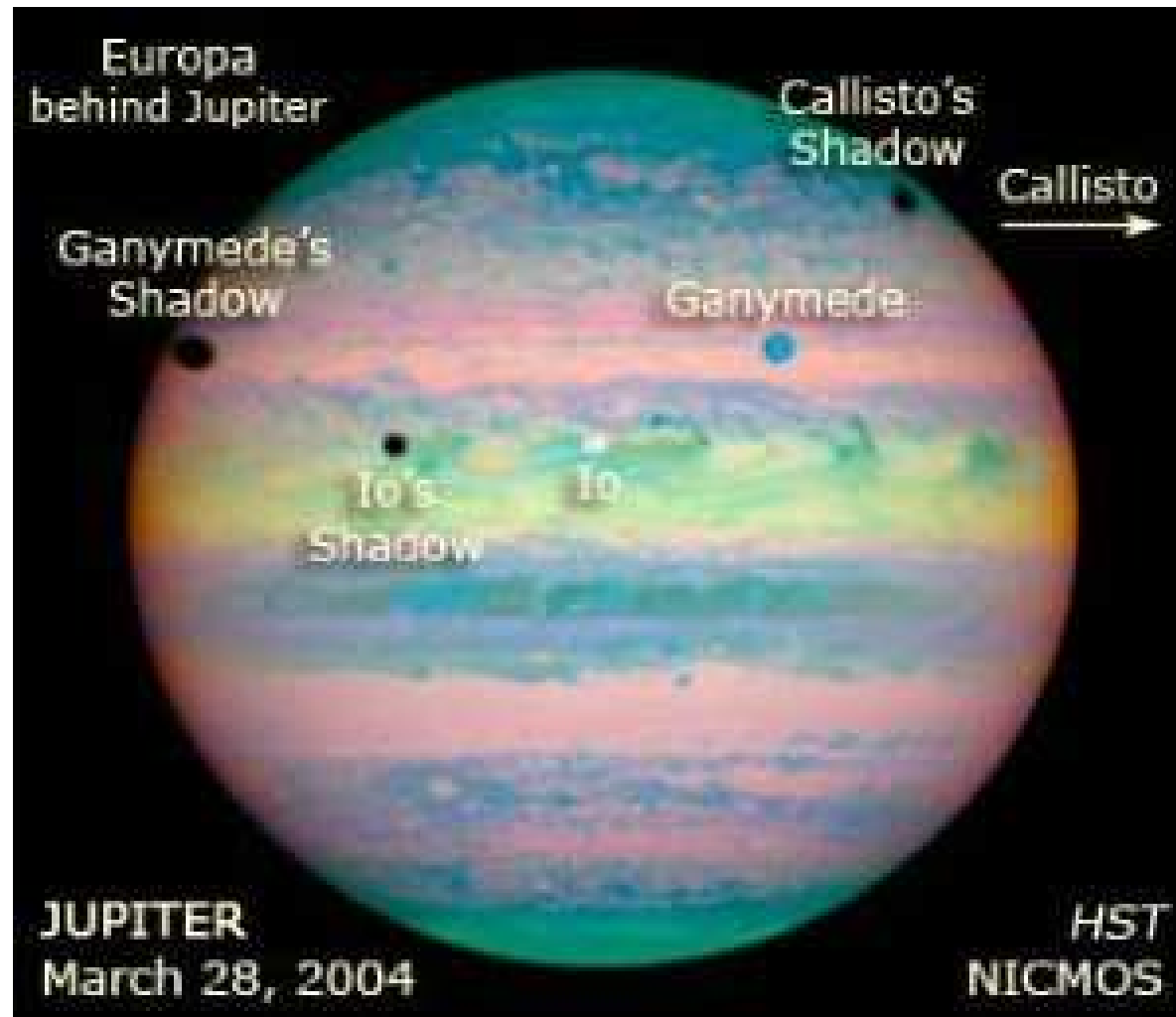
Galileovské měsíce Jupiteru



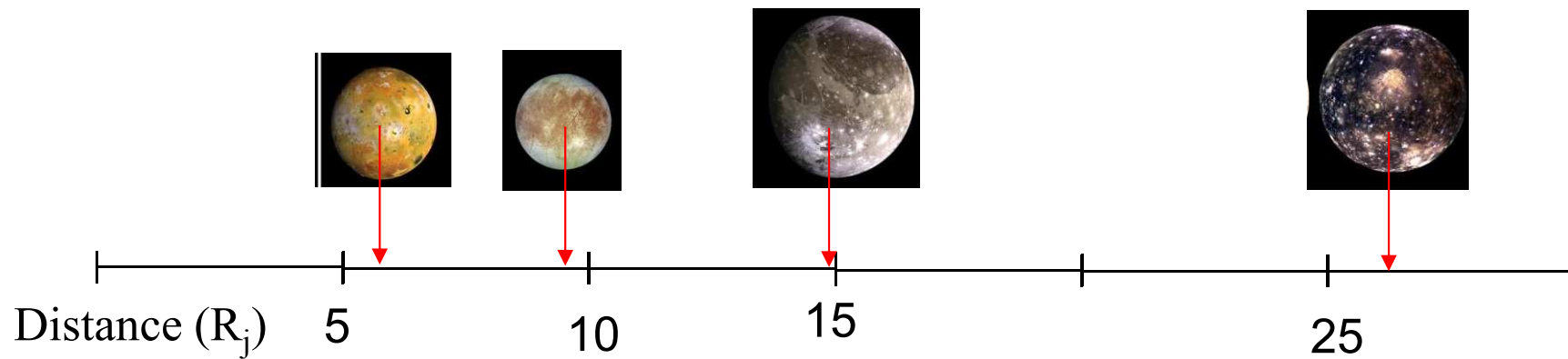
**názvy měsíců – Simon Marius (1573 – 1624) r. 1614 Io -
milénka Dia**

Galileovské měsíce Jupitera

HST, NIMCOS snímek z roku 2004

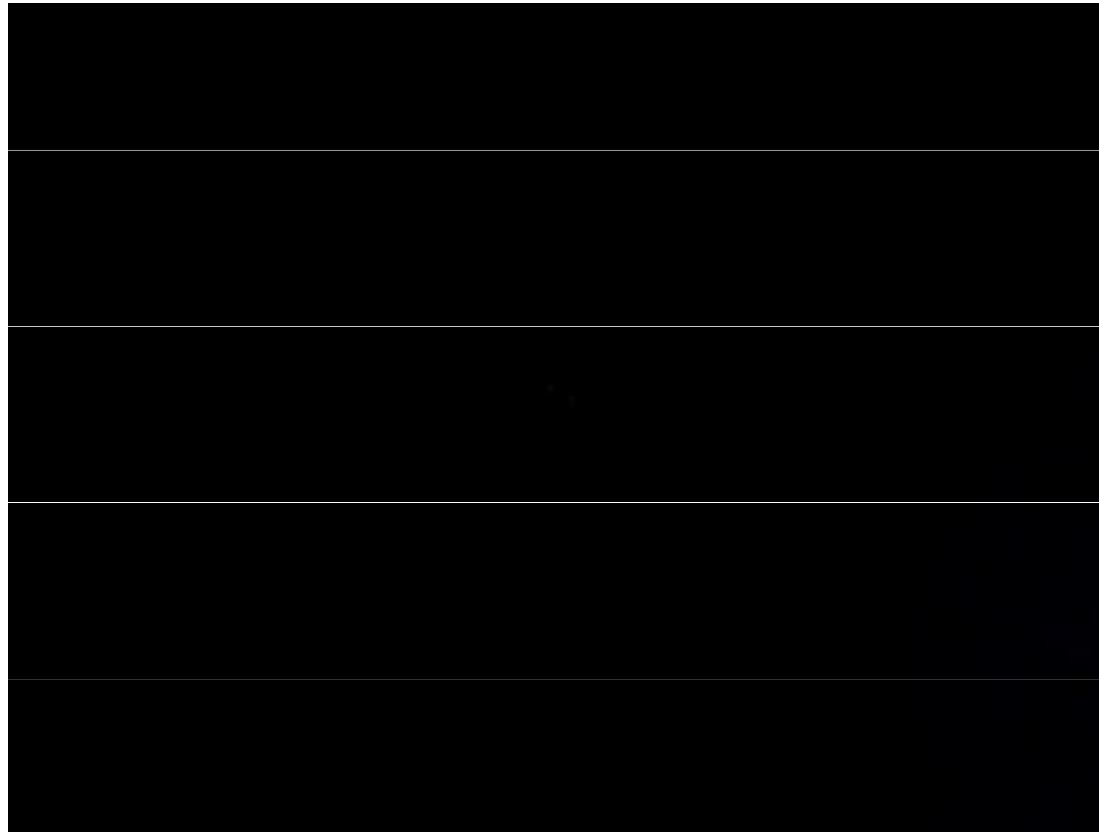


Charakteristiky měsíců



	a (10^6 km)	P (dny)	e	m_s (10^{20} kg)	R_s (km)	ρ (kg m^{-3})
Io	422	1.769	.0041	893	1821	3.53
Europa	671	3.552	.010	480	1565	2.99
Ganymede	1070	7.154	.0015	1482	2634	1.94
Callisto	1883	16.69	.007	1076	2403	1.85

Jupiter – měsíc Io

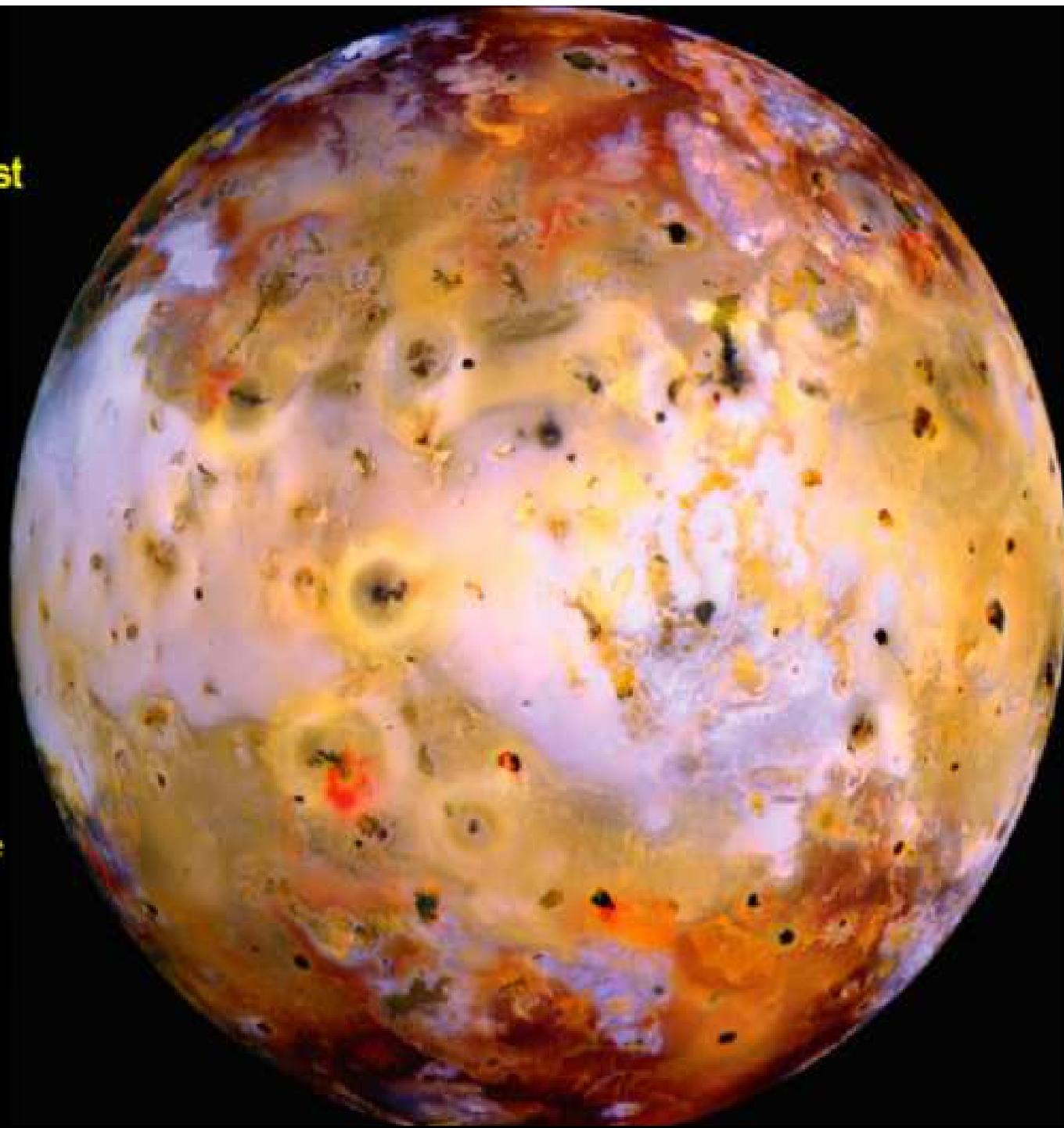


Slapy na měsíci Io

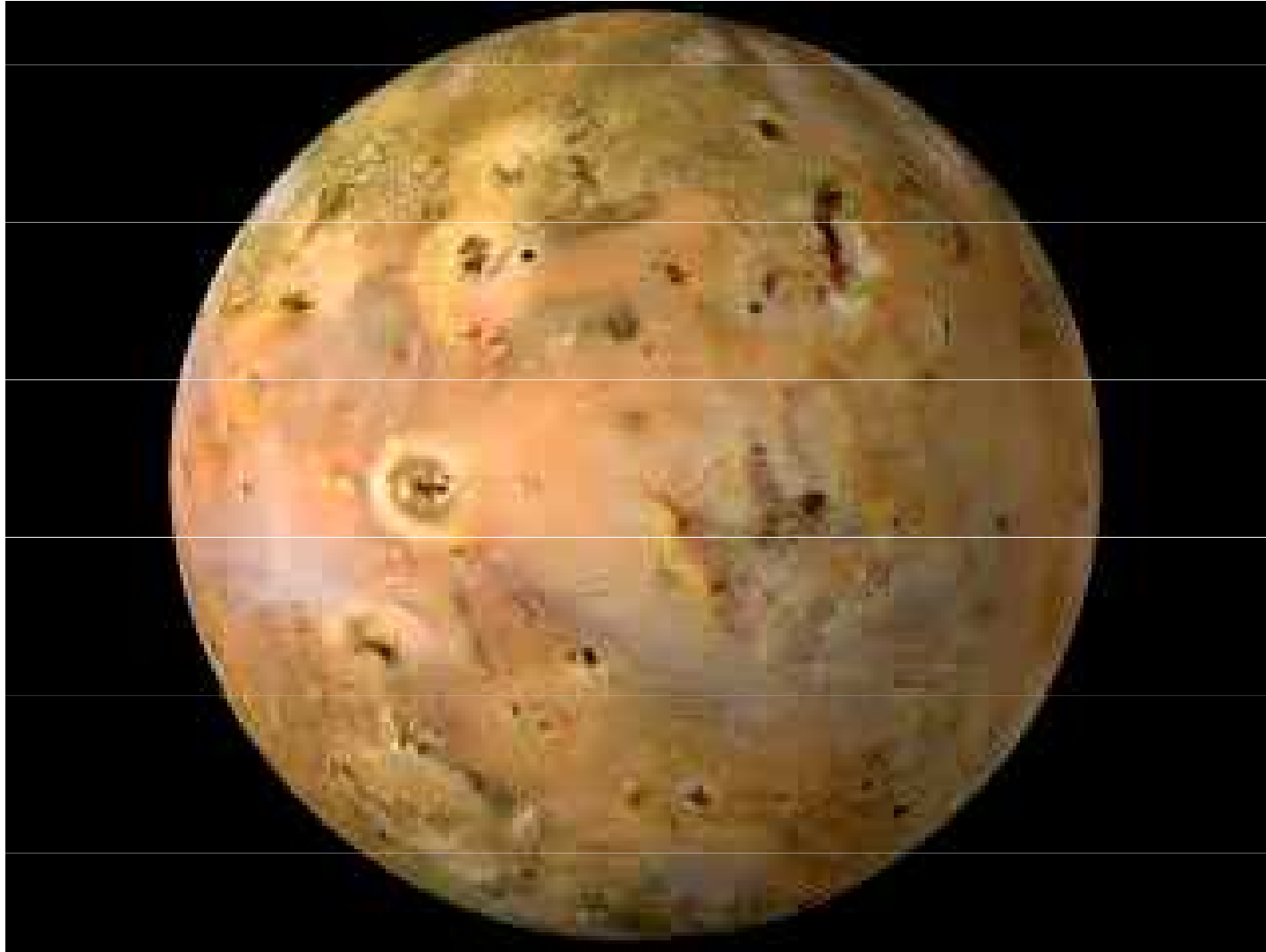
Io

Jupiter's innermost
large moon.

Tidal forces ~250
times the tidal force
of Earth on the
Moon

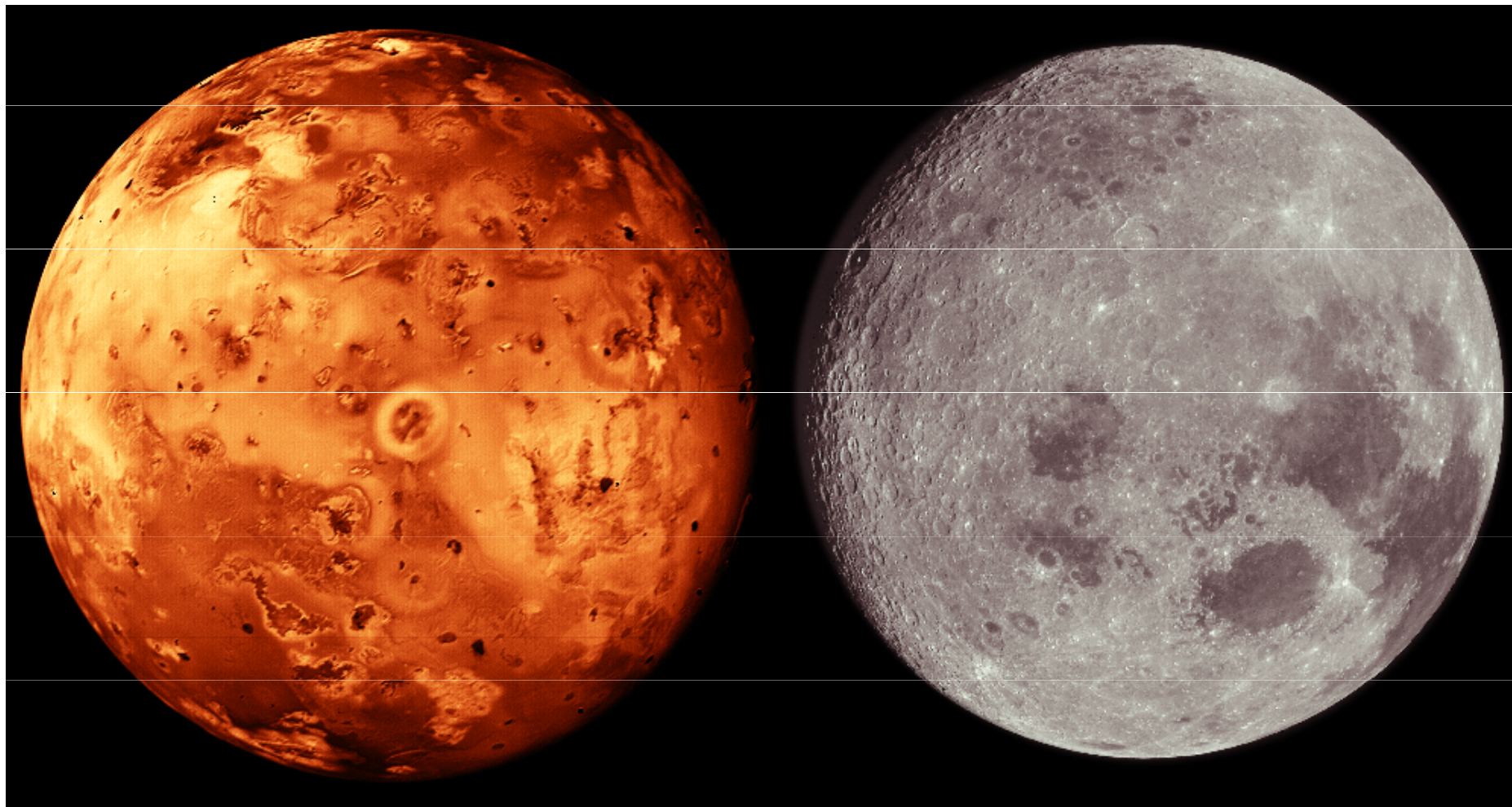


Io - rotace



rotační rychlost na rovníku $7,5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, rotační perioda 42,5 h.

Srovnání Io - Měsíc



Saturn



Charakteristiky Saturnu

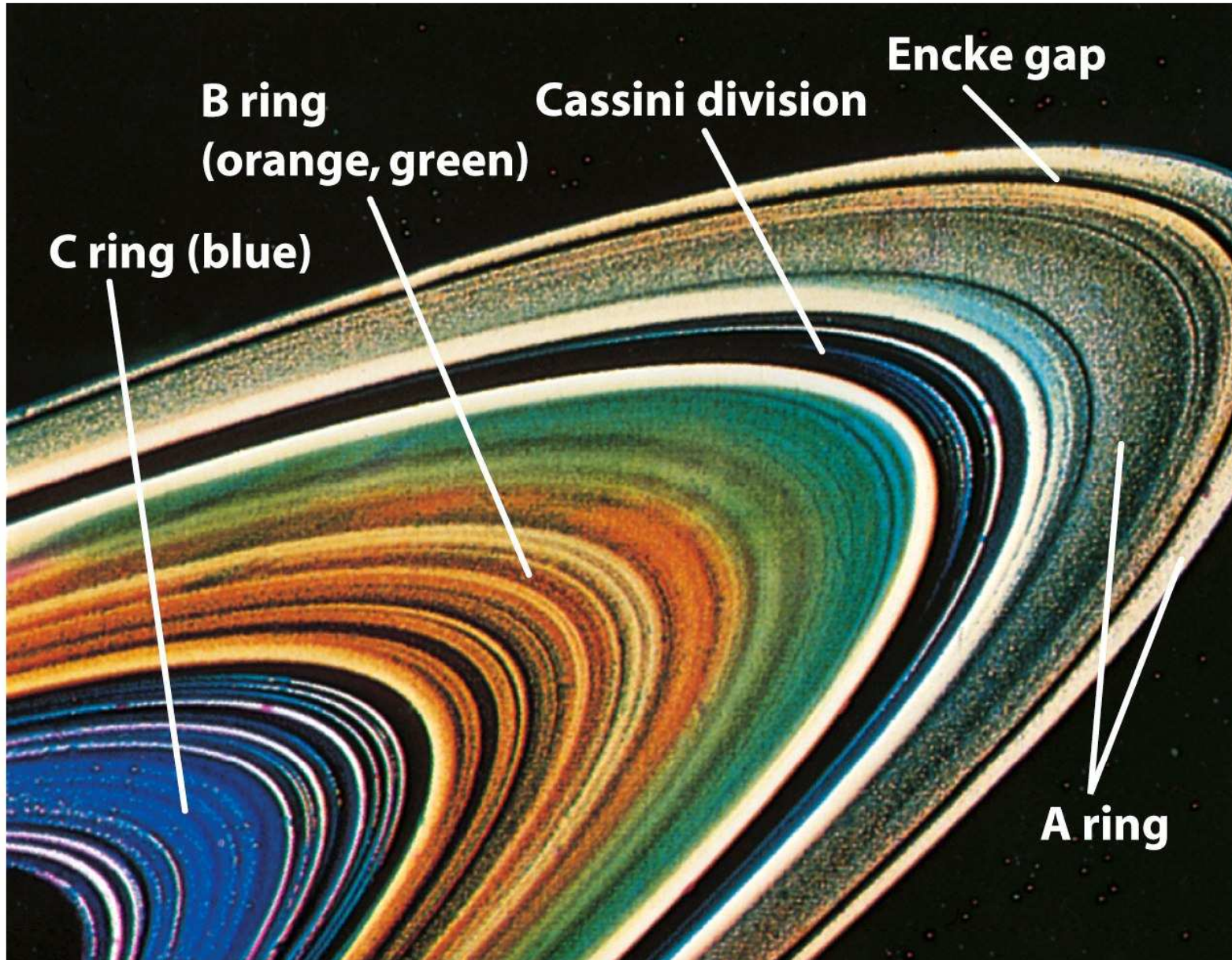
Ave distance from Sun	9.539 AU
Eccentricity of Orbit	0.0560
Max Distance	10.07 AU
Min Distance	9.005 AU
Inclination of Orbit	2.5°
Ave Orbit Velocity	9.6 km/s
Orbit Period	29.5 years
Rotation Period	10 ^h 39.5 ^m
Inclination of Equator	26.4°
Diameter	120,660 km (9.4 Earth's)
Mass	95.1 Earth's
Ave Density	0.68 g/cm ³
Surface Gravity	1.16 Earth's (cloud base)
Escape Velocity	35.6 Earth's
Surface Temp	-180°C (cloud tops)
Albedo	0.61



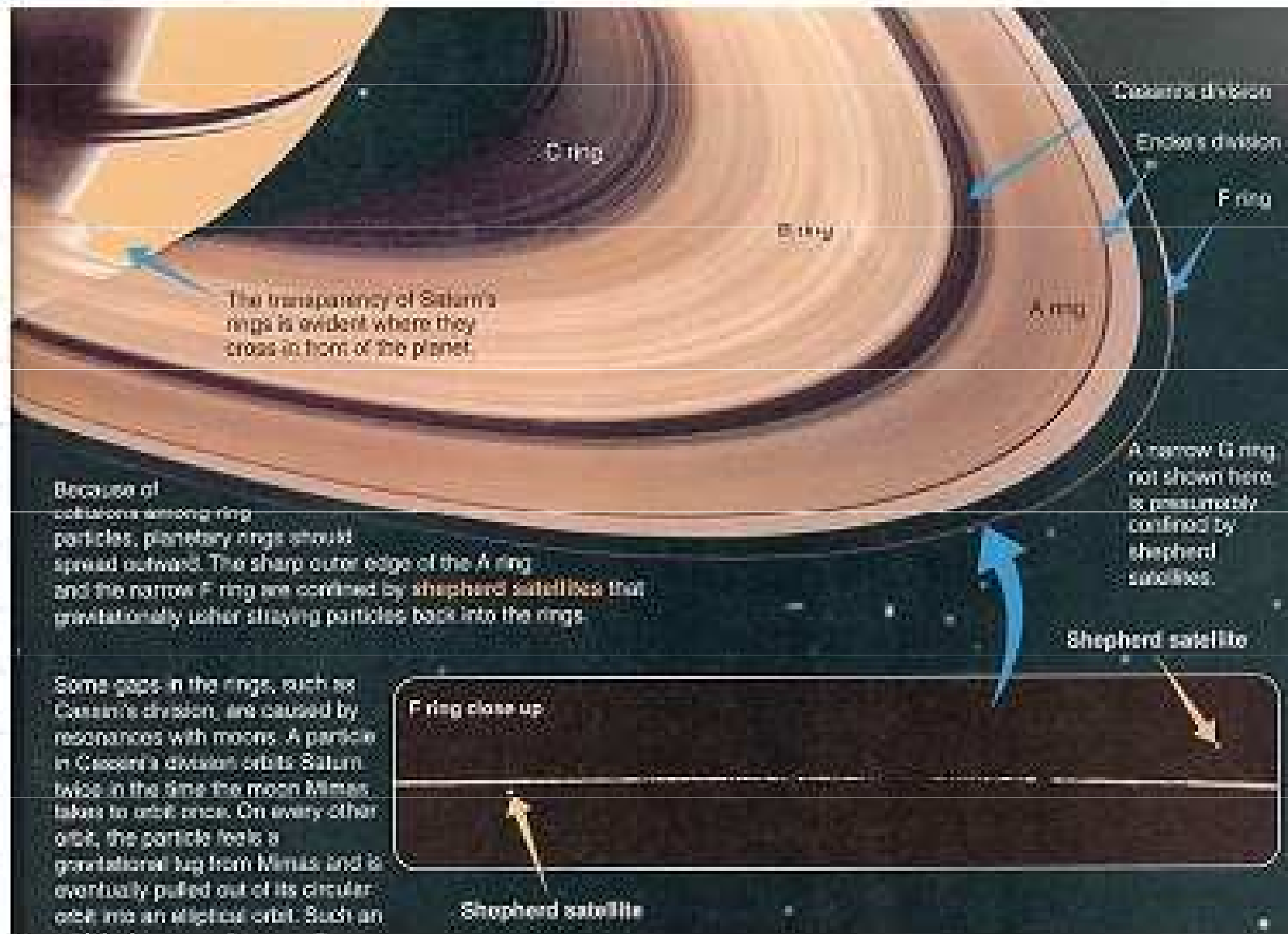
NASA Image of Saturn

Saturn is less well studied than Jupiter. Pioneer 2 and both Voyager spacecraft flew by, and right now Cassini is on its way.

Saturn – prstence



Saturn – atmosféra



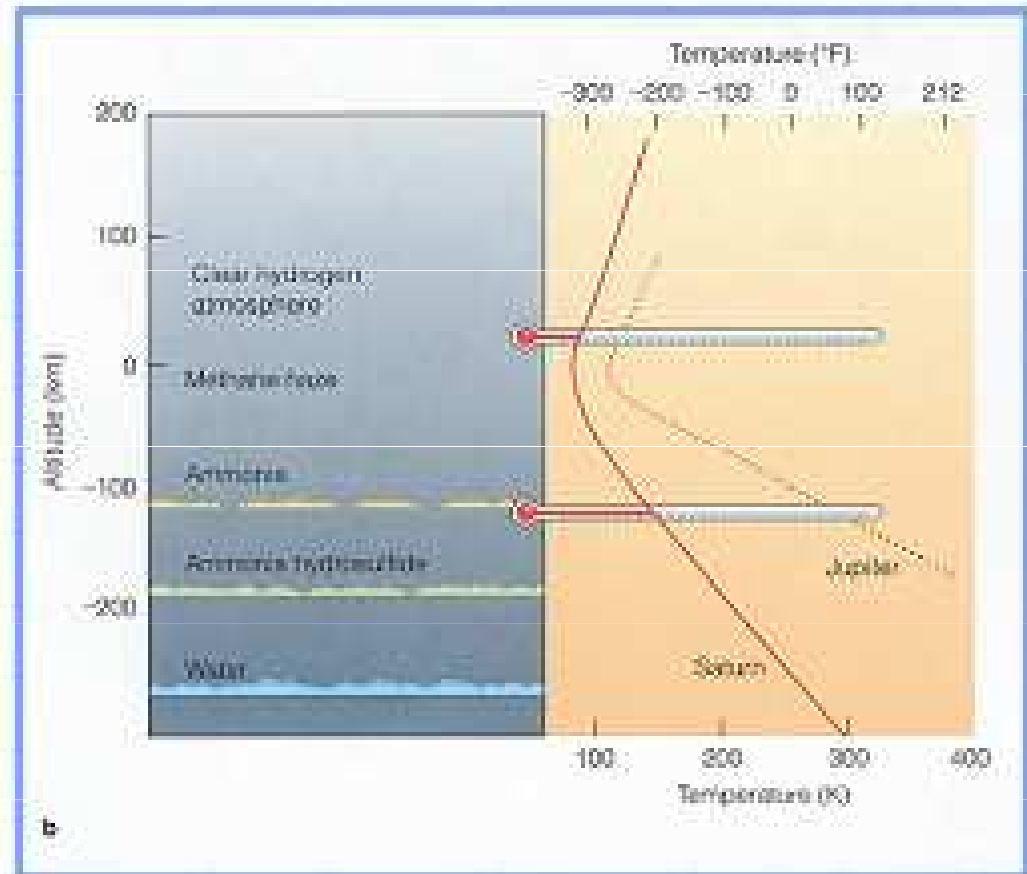
- **A & B rings**
Smaller particles dominate

- **C ring**
Larger particles, less reflective (not well understood)

- **Other features:**
Thinner rings and gaps

Saturn – atmosféra

- Atmosphere is rich in hydrogen
- Contains belt-zone structure like Jupiter's
 - But distinctions between neighboring zones are less obvious than on Jupiter
- Atmosphere is much colder on Saturn, because it is farther from the Sun (received only 25% of the radiant energy that Jupiter receives)
 - Clouds on Saturn form at similar temperatures to those on Jupiter, but those temperatures occur deeper in Saturn's atmosphere, where the distinctions between neighboring clouds are less obvious
- Organized winds similar to Jupiter's, but at higher velocities of ~1000mph
- More detailed knowledge awaits the Cassini mission, beginning in 2004

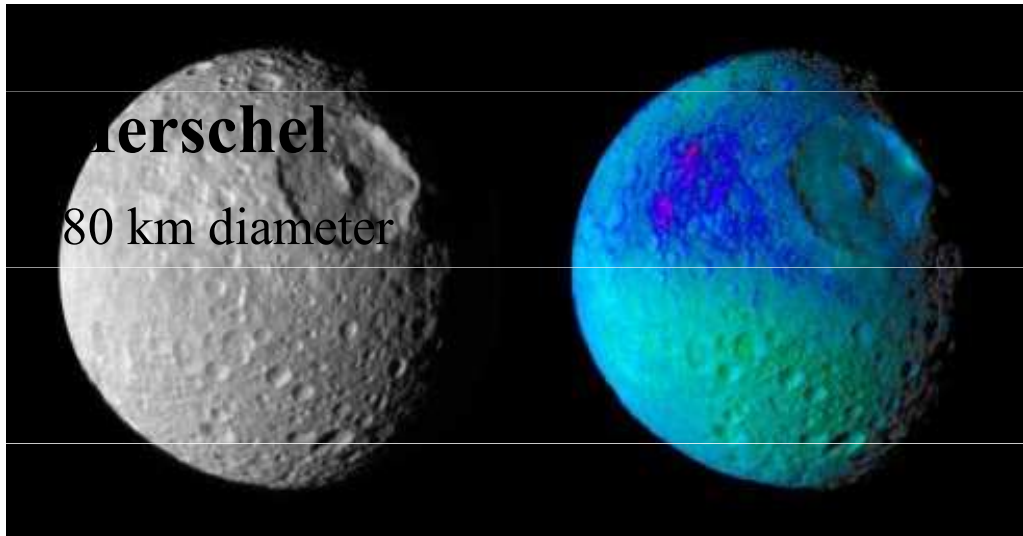


Saturn – polární záře



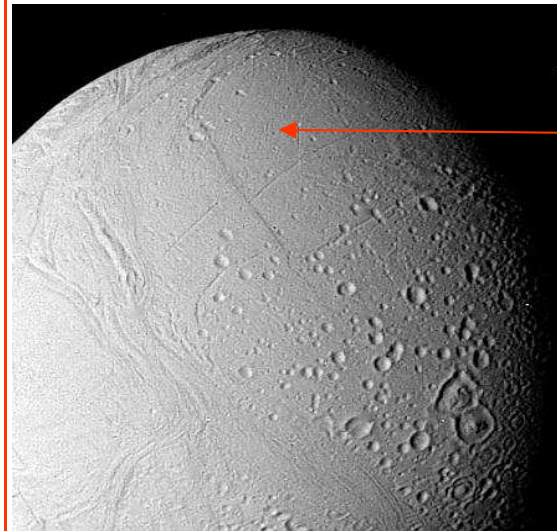
Měsíce Saturnu

malé < 500 km, neaktivní



Mimas $R=196$ km

malé, aktivní



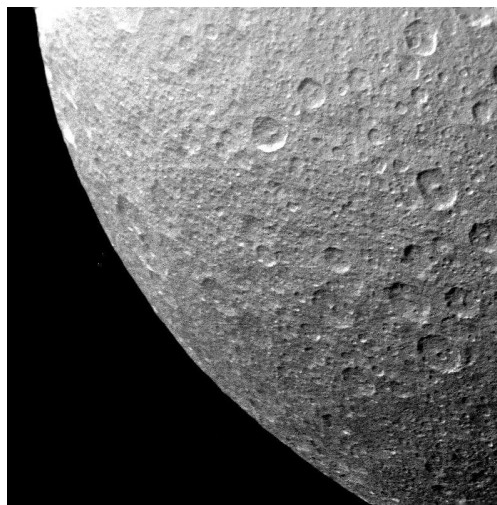
Enceladus $R=250$ km

Note hemispheric
albedo contrast



Iapetus $R=718$ km

Rhea $R=764$ km
střední, neaktivní



Thydeia $R=530$ km



Dione $R=560$ km



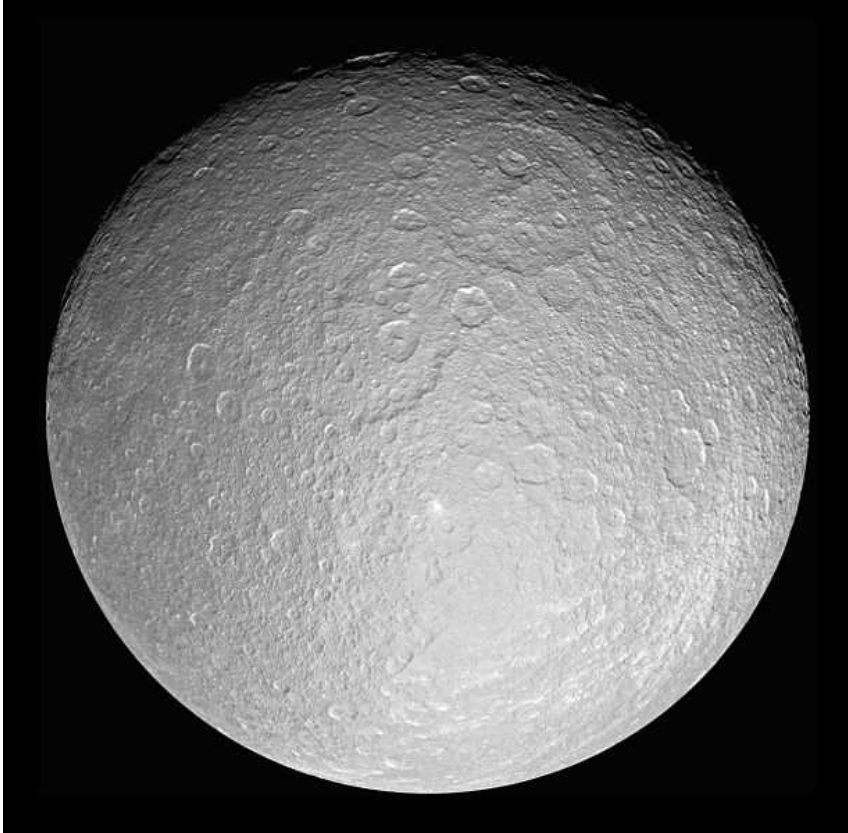
střední, aktivní

Měsíc Saturnu Mimas



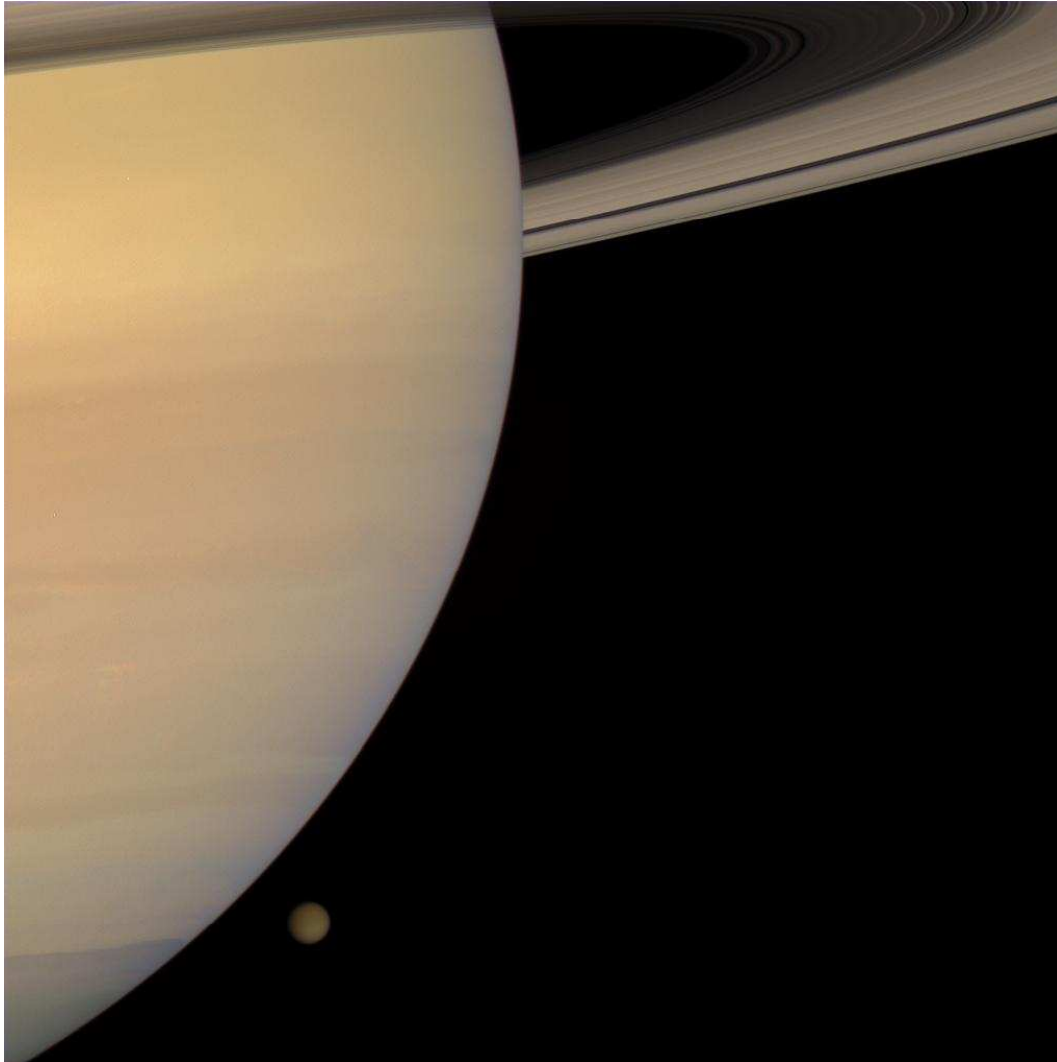
Figure 11.18: Mimas is the inner-most of the intermediate size moons of Saturn, and was not imaged from nearby by either Voyager. However, one huge crater, 130 km in diameter, is easily visible even in this low-resolution image. (Courtesy of NASA.)

Měsíc Saturna Rhea



druhý největší - 1 500 km

Titan



$$a = 1\,221\,870 \text{ km}$$

$$P = 15,945 \text{ dne}$$

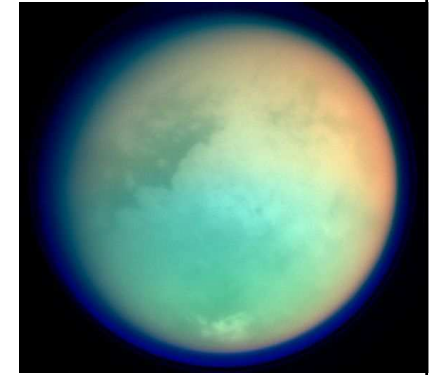
$$T \approx 100 \text{ K}$$

$$m = 1,3 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

$$R = 5\,150 \text{ km}$$

$$\rho = 1,9 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Význam studia Titanu



- Má tlustou atmosféru, unikátní mezi měsíci
- Je velký přibližně jako Merkur
- Opticky tlustý závoj – obtížně získat snímky povrchu
- Zajímavý astrobiologicky (uhlovodíky/organické)
- Předpovídán methanový “hydrologický cyklus”
- Současný výzkum – sonda *Cassini*/ modul *Huygens*



Atmosféra Titanu

Coriolisovo zrychlení

$$2\omega v \sin \varphi = \frac{v^2}{r}$$

Parametr vnějšího vzhledu atmosféry – relativní velikost atmosférických vírů

$$\beta = \frac{r}{R_p}$$

$$\beta = \frac{vT}{4\pi R_p}$$

Atmosféra Titanu

$$\beta = \frac{vT}{4\pi R_p}$$



Při $v \approx (50 - 100) \text{ m.s}^{-1}$, vzhled atmosféry planety určován její velikostí R_p a dobou rotace T

Země, Mars $\beta \approx 0,1$

Velikost $\approx 1\,000 \text{ km}$

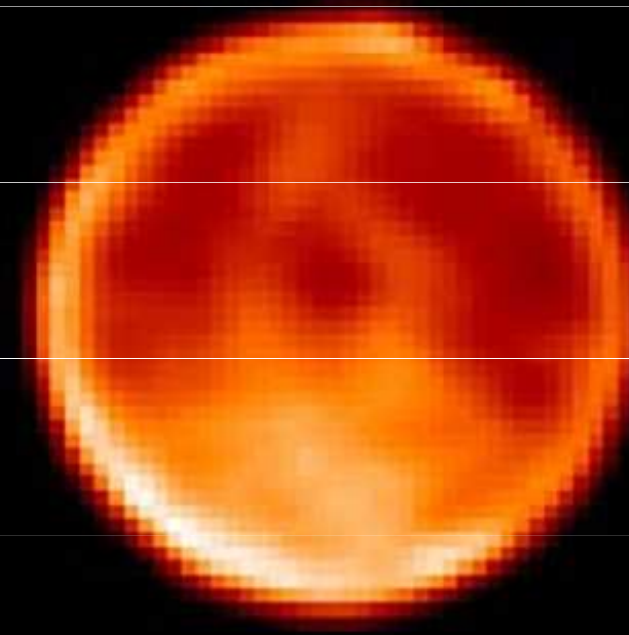
Titan $R_p = 5\,150 \text{ km}$, $T = 16 \text{ dnů}$ $\beta \approx 2$

Atmosféra Titanu

Titan

- Titan is often discussed with terrestrial planets because its atmosphere is thick and contains many of the same molecules
- Titan is dominated by N_2 which shows up in the UV spectrum as strong line emissions.
- There is also some CH_4 , CO_2 , CO and many hydrocarbons
- Unidentified molecular haze, possibly produced by

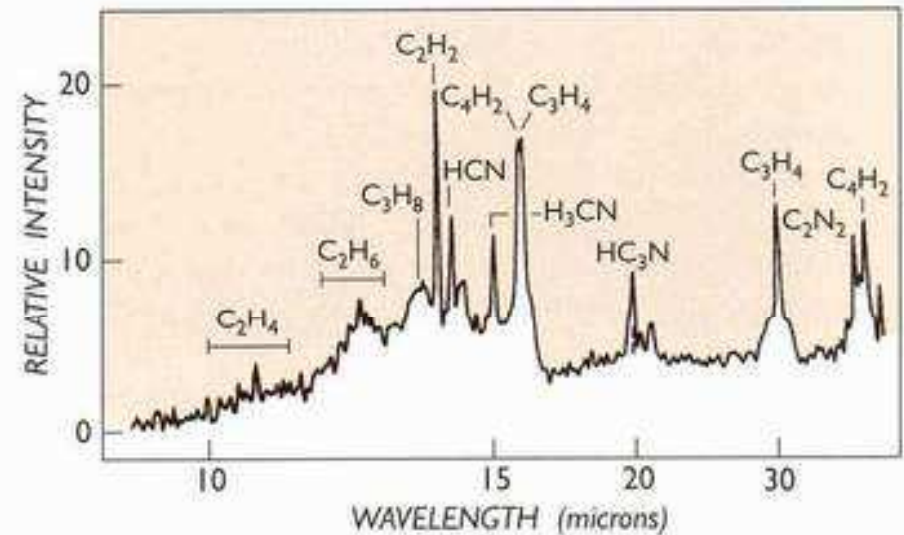
metan rozkládán slunečním zářením, průběžně uvolňován z nitra



Keck adaptive optics image of Titan, Saturn's largest moon, obtained in infra-red light. The bright crescent at the southern rim (bottom of image) is due to scattering of sunlight by hazes in Titan's atmosphere. Titan's surface is thought to consist of highlands or continents made of ice. Some of the dark regions seen in the northern hemisphere may represent lakes or seas made of liquid hydrocarbons.

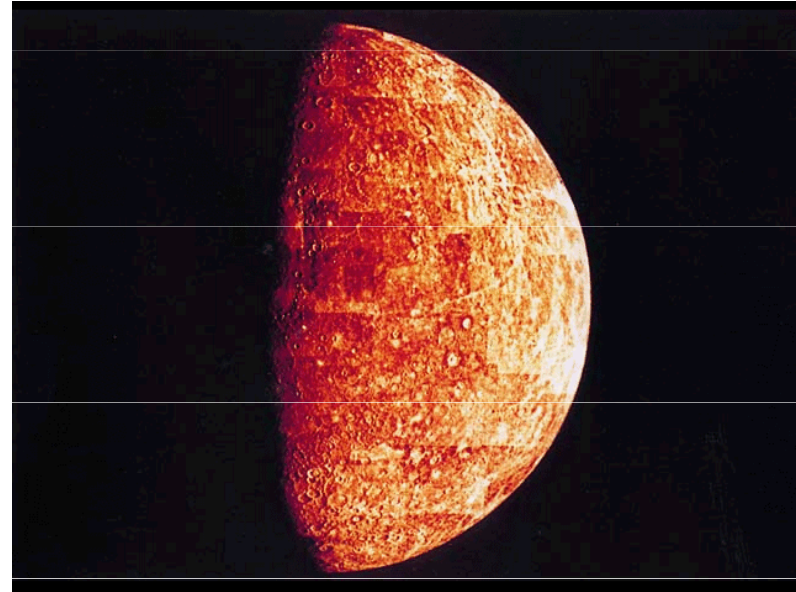
Složení atmosféry Titanu

	Titan	Země
N ₂	82-98 %	78%
CH ₄	2-10 %	2 ppm
O ₂	-	21%
CO ₂	0.01 ppm	350 ppm
Ar	7 ppm	0.9%



- Tlak na povrchu 1.5 bar, teplota 94 K, celková hmotnost atmosféry ~ dvojnásobek pozemské
- Různé organické molekuly, řádově ppm – parts per milion 10^{-6}
- Mlha se skládá z částic $\sim 1 \mu\text{m}$, kondenzáty metanu a další uhlovodíky
- Sluneční soustava C:N poměr 4-20:1. Na Zemi většina uhlíku je vázána v uhličitanech; **kde je C uložen na Titanu?**

Existence atmosfér těles ve Sluneční soustavě



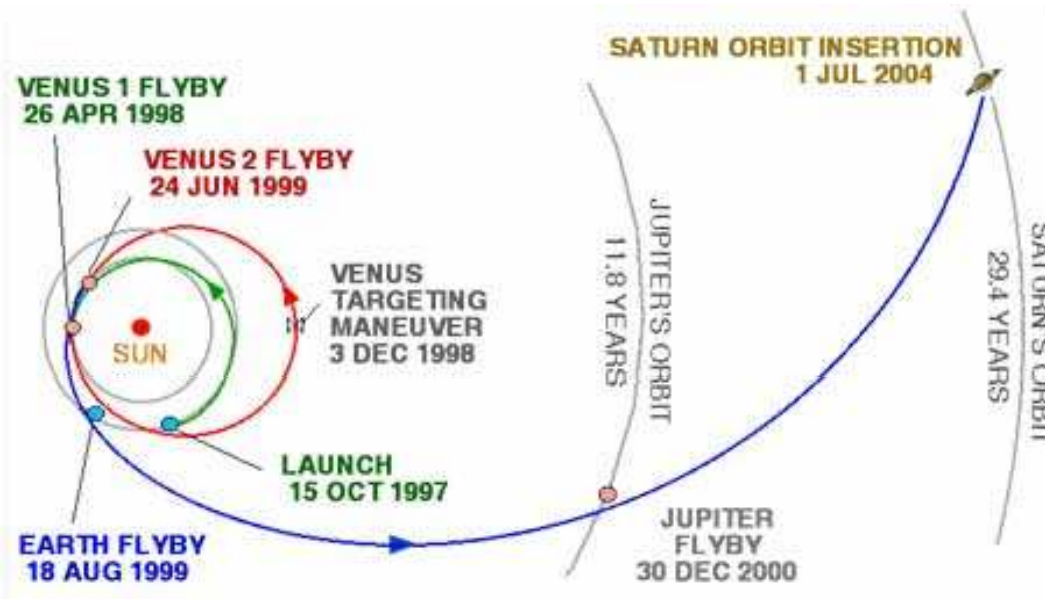
Porovnání hodnot únikové a střední kvadratické rychlosti

$$V_p = (2GM / R)^{1/2}$$

$$V_k = (3kT / m)^{1/2}$$

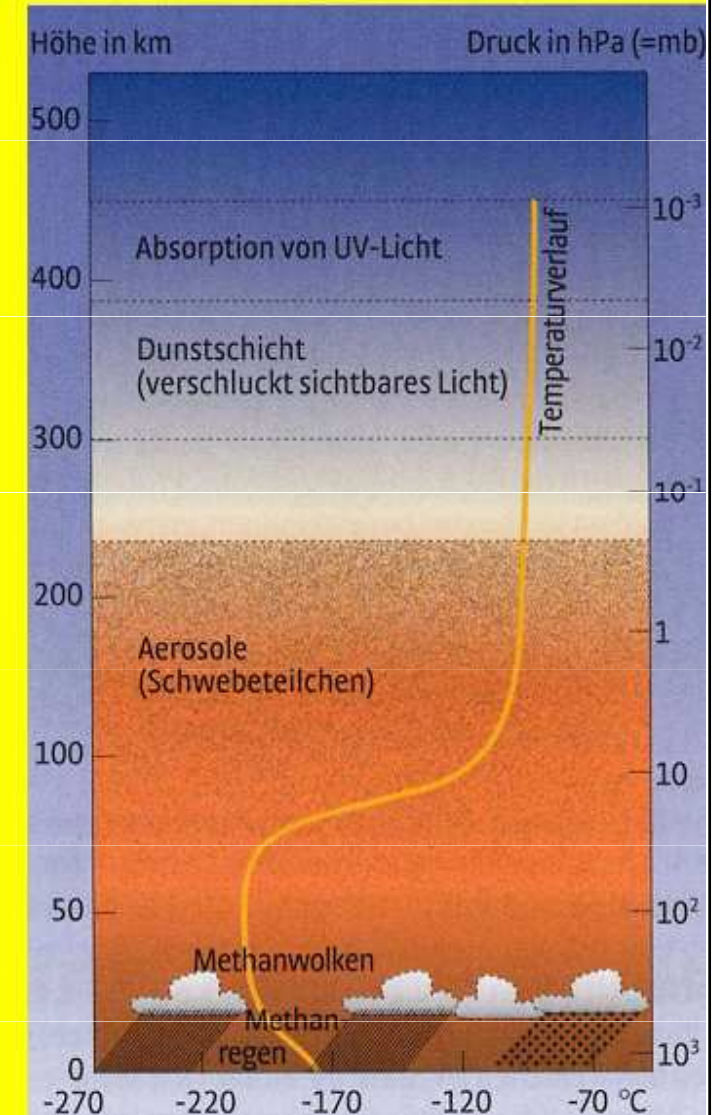
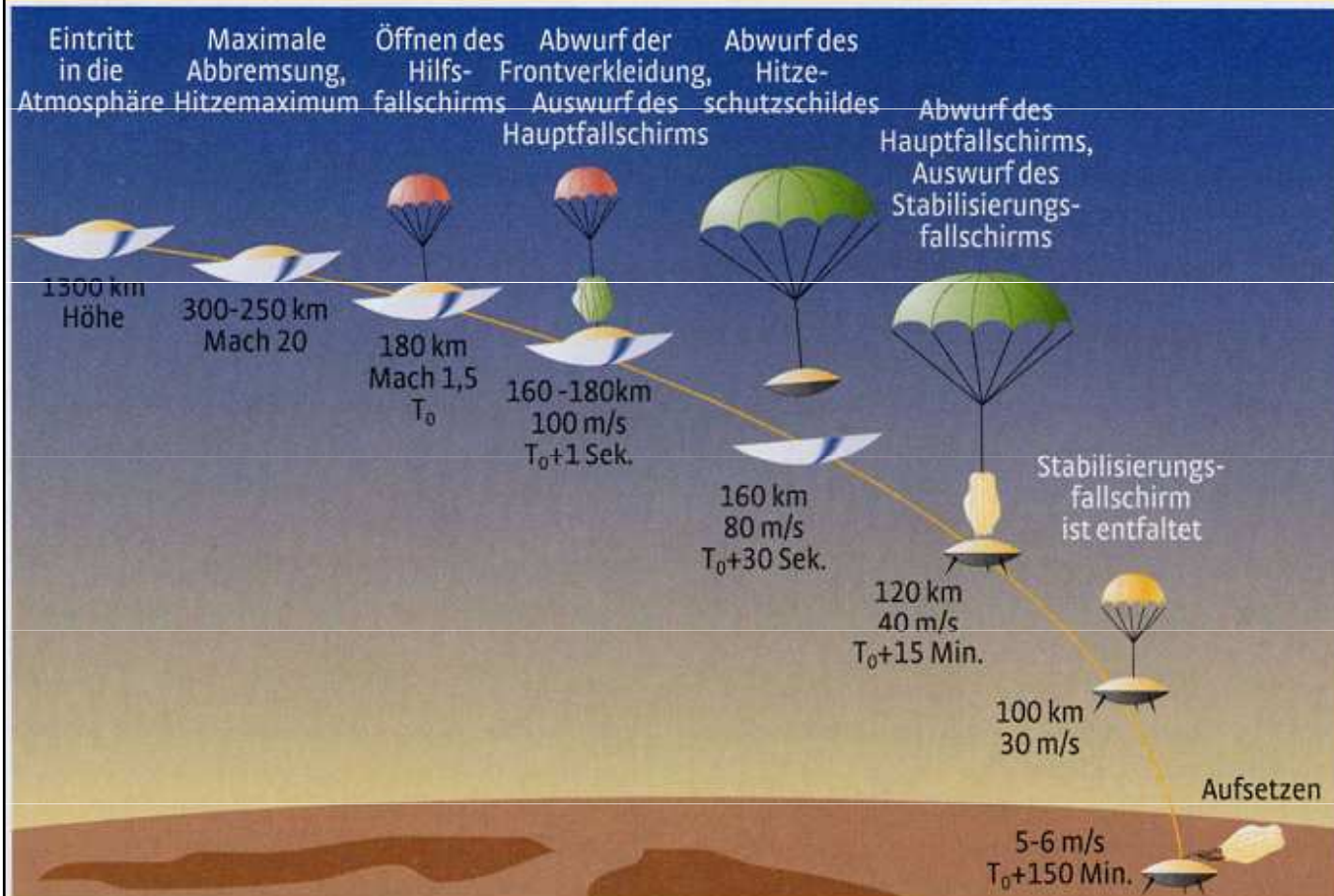
Sonda Cassini s modulem Huygens

- 6 tun, plánována 1985
vypuštěna 1997,
- dráha – Venuše, Země

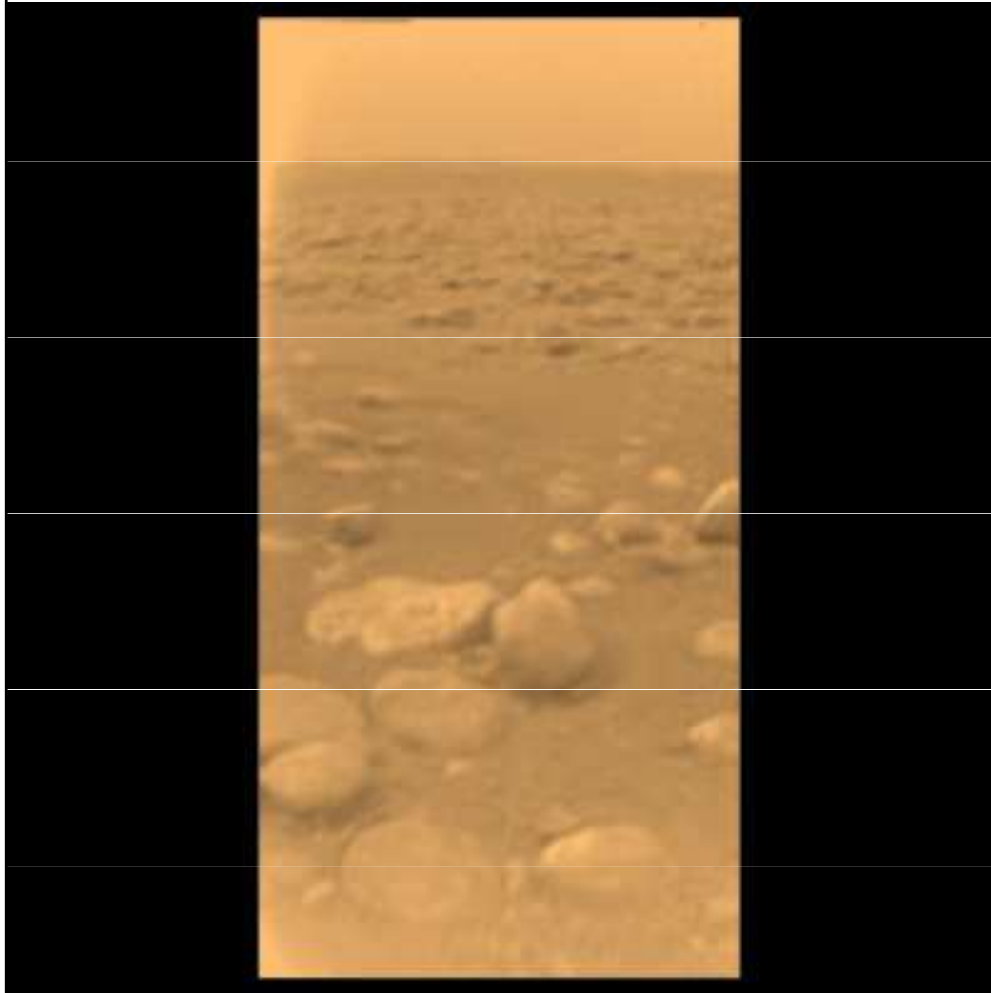


Modul Huygens na Titanu

Huygens auf Titan



Modul Huygens výsledky



**Povrch připomíná řečiště
řek na Zemi**

**Osvětlení oranžovou
odpovídá situaci 10 minut
po západu Slunce na Zemi**

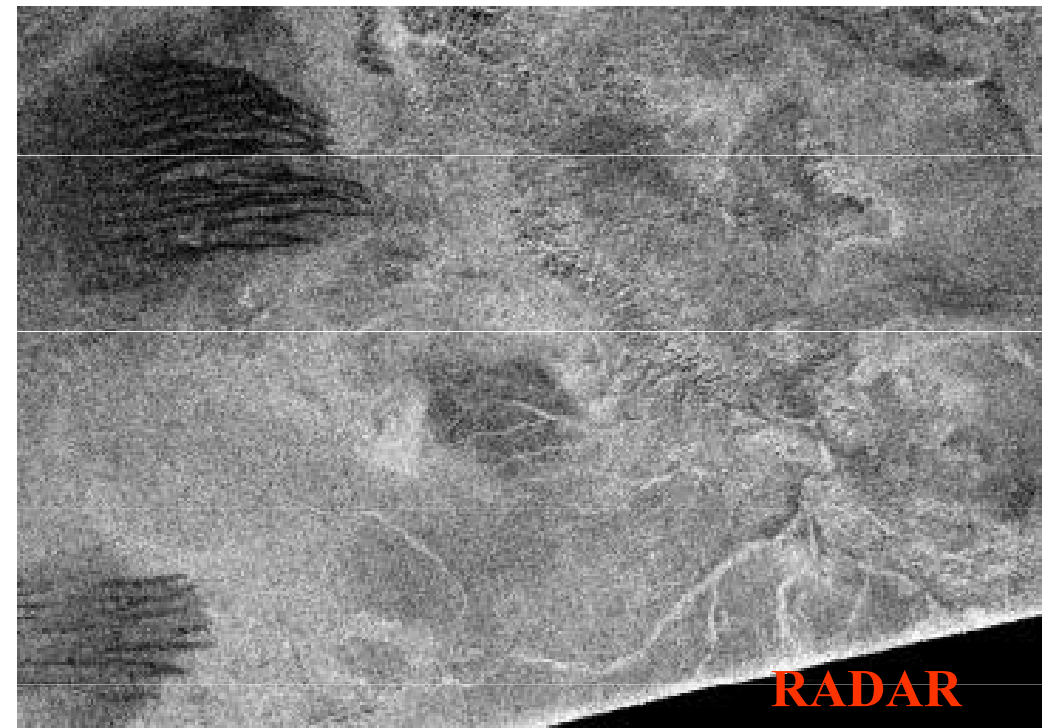
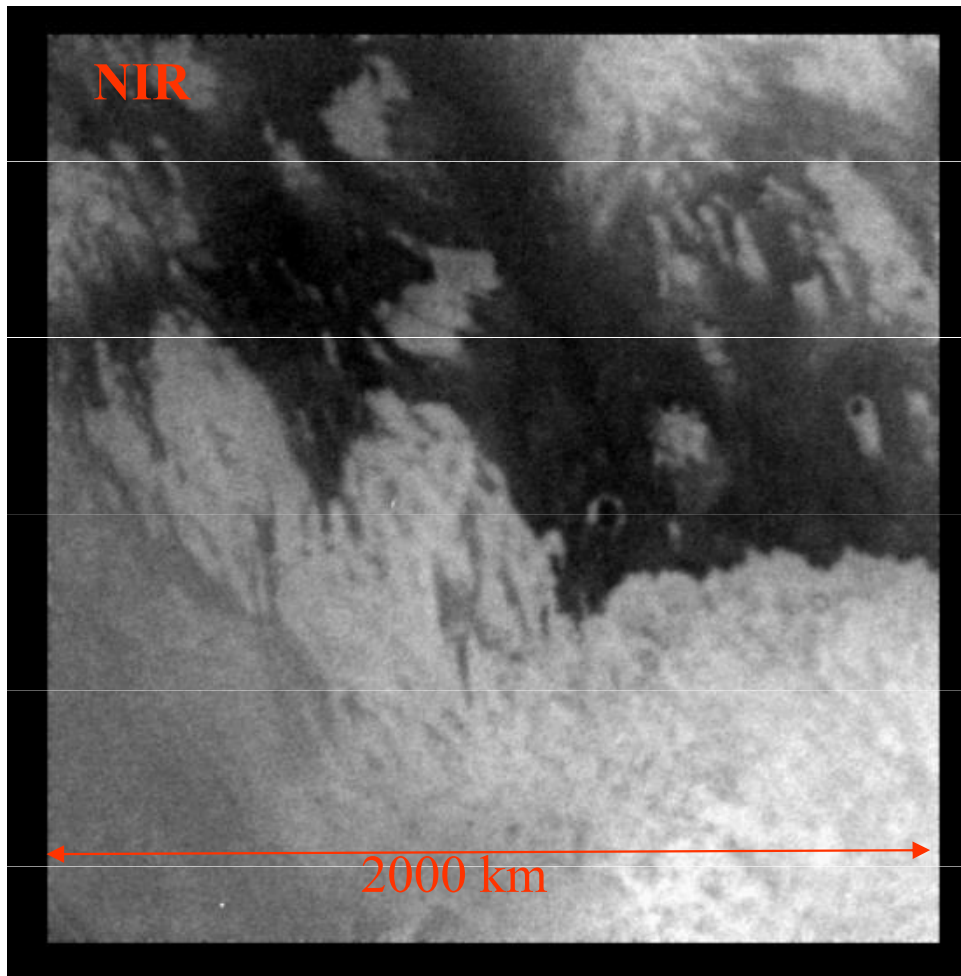
**Slunce je 10krát menší
než na Zemi, obdoba se
světly auta ze vzdálenosti
150 m**

**oblázky ~ 15 cm, povrch geologicky mladý,
změny odrazivosti**

stíny jsou tlumené - 90% světla je nepřímou rozptylováno

Sonda Cassini - výsledky

- Dva druhy terénu – jasný & tmavý (na snímcích z radaru a NIR), korelace mezi oběma?
- Objev jezer o průměru stovek metrů



snímek 600 km
nepřítomnost kanálů a škrábanců

Charakteristiky Uranu

Datafile Uranus

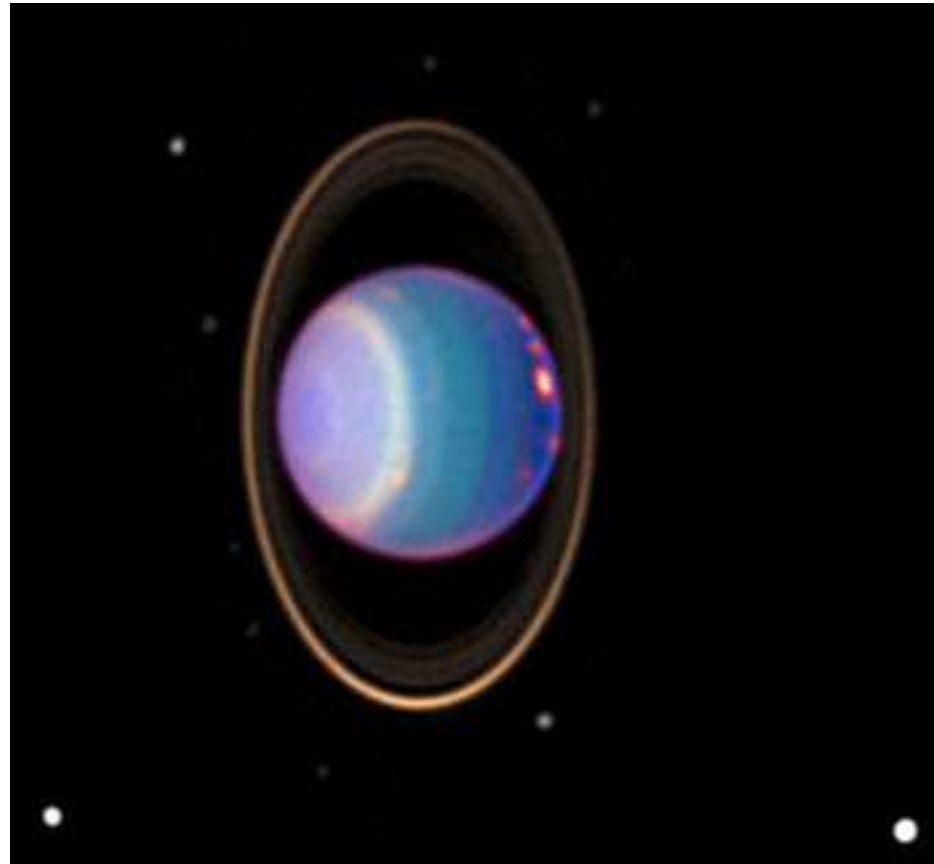
Ave distance from Sun	19.18 AU
Eccentricity of Orbit	0.0461
Max Distance	20.1 AU
Min Distance	18.3 AU
Inclination of Orbit	0.75°
Ave Orbit Velocity	6.8 km/s
Orbit Period	84.0 years
Rotation Period	17 ^h 14 ^m
Inclination of Equator	97.9°
Diameter	51,118 km (4.01 Earth's)
Mass	14.54 Earth's
Ave Density	1.29 g/cm ³
Surface Gravity	0.919 Earth's
Escape Velocity	1.96 Earth's
Surface Temp	-220°C (cloud tops)
Albedo	0.35



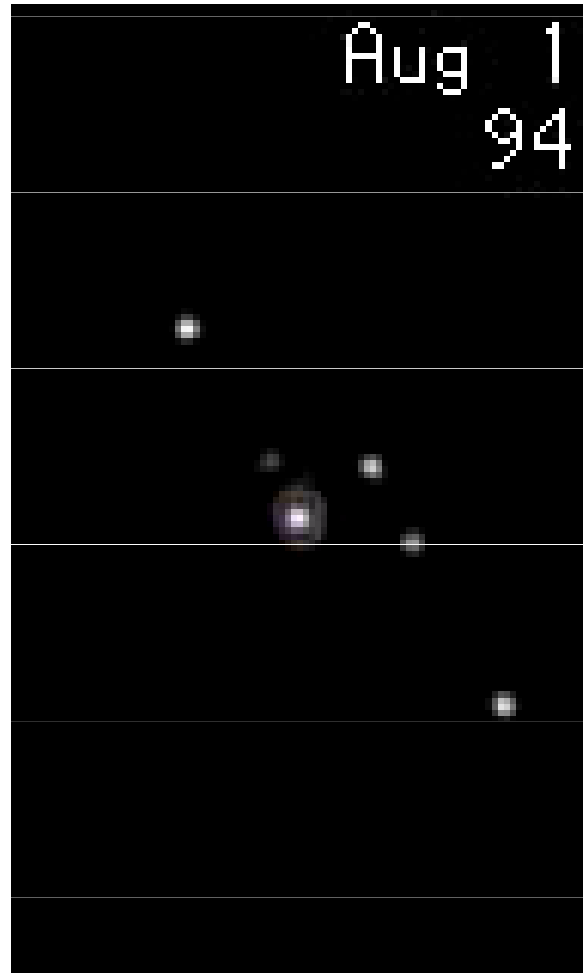
Voyager 2 Image of Uranus

Uranus is even less well studied than Saturn. The Voyager 2 spacecraft flew by in 1986, taking measurements with its 11 instruments. This together with Earth-based observations feed our knowledge pool about the planet.

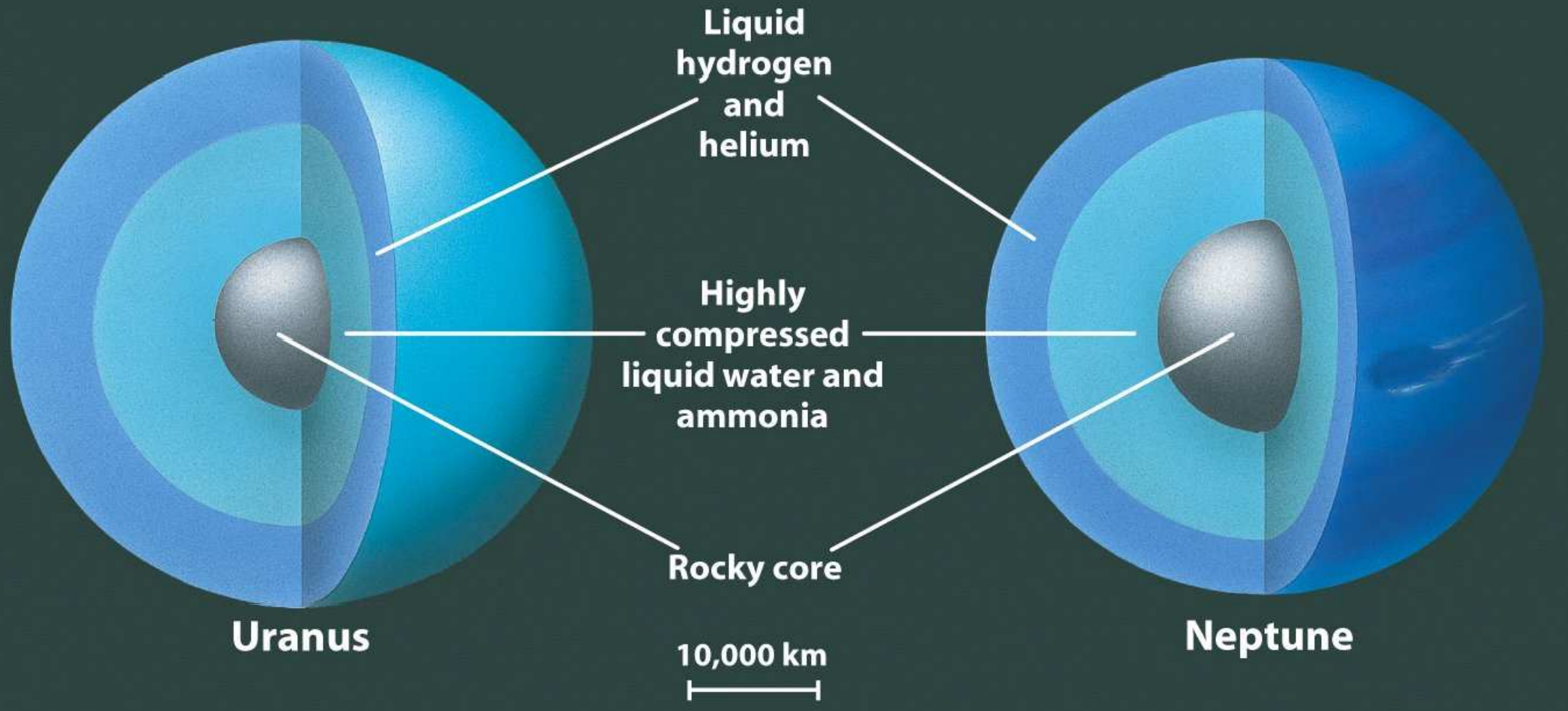
Prstenec Uranu



Měsíce Uranu



Stavba nitra Uranu a Neptunu



Charakteristiky Neptunu

Datafile Neptune

Ave distance from Sun	30.06 AU
Eccentricity of Orbit	0.0100
Max Distance	30.4 AU
Min Distance	29.8 AU
Inclination of Orbit	1.75°
Ave Orbit Velocity	5.43 km/s
Orbit Period	164.8 years
Rotation Period	16 ^h 06 ^m
Inclination of Equator	28.8°
Diameter	49,500 km (3.93 Earth's)
Mass	17.23 Earth's
Ave Density	1.66 g/cm ³
Surface Gravity	1.19 Earth's
Escape Velocity	2.2 Earth's
Surface Temp	-218°C (cloud tops)
Albedo	0.35



Voyager 2 Image of Neptune

The Voyager 2 spacecraft flew by in 1989, taking measurements with its 11 instruments. At the time a giant storm system- the great dark spot- was underway in Neptune's atmosphere.

Neptun

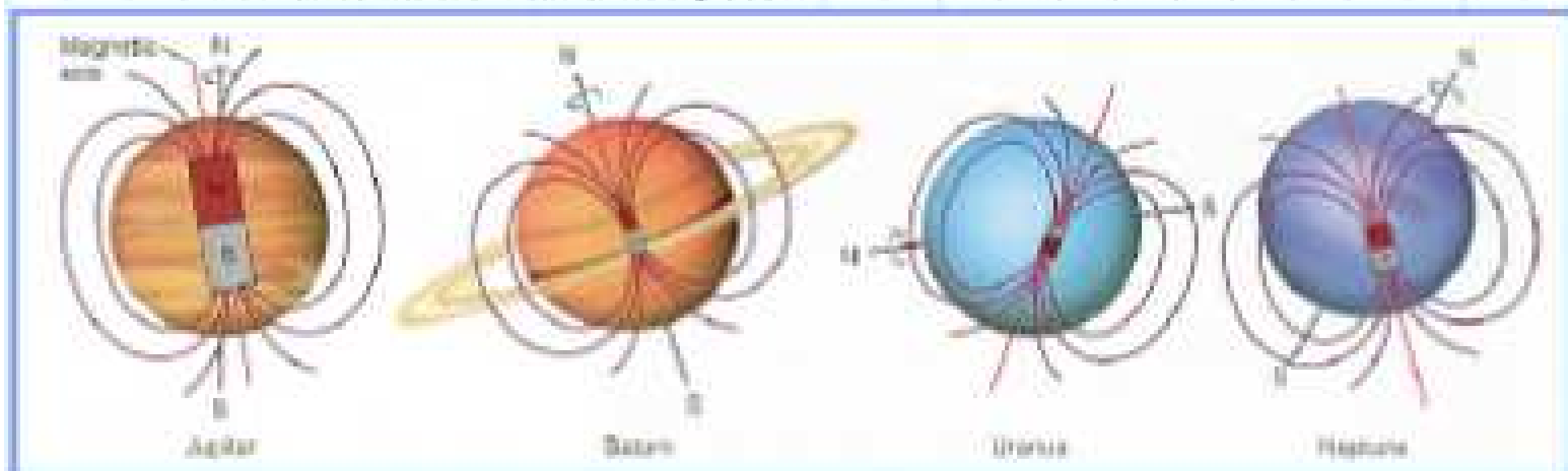


www.spacetelescope.org

Magnetická pole plynných obrů

Neptune's Magnetic Field

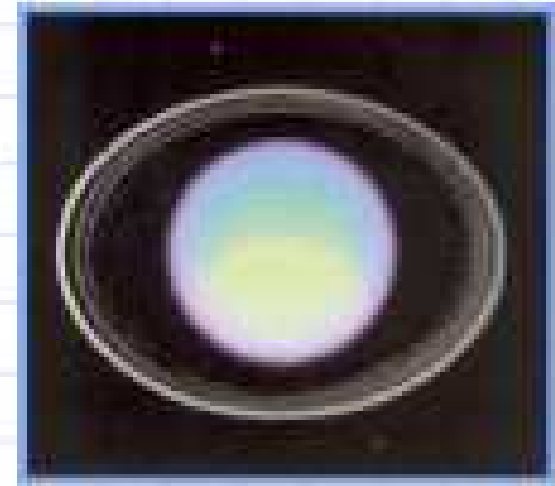
- ◆ Voyager 2 detected a magnetic field that is ~50% as strong as Earth's field (so comparable to Uranus' field)
- ◆ Neptune's magnetic field is very likely not generated in the core of the planet:
 - It is postulated that the magnetic field arises from dynamo action nearer the surface of the planet- perhaps in a liquid water layer with dissolved methane and ammonia (make a good conductor)
 - Neptune's field is tilted 47° with respect to the axis of rotation, and the field center is offset 55% from the center of the planet



Presence Neptune

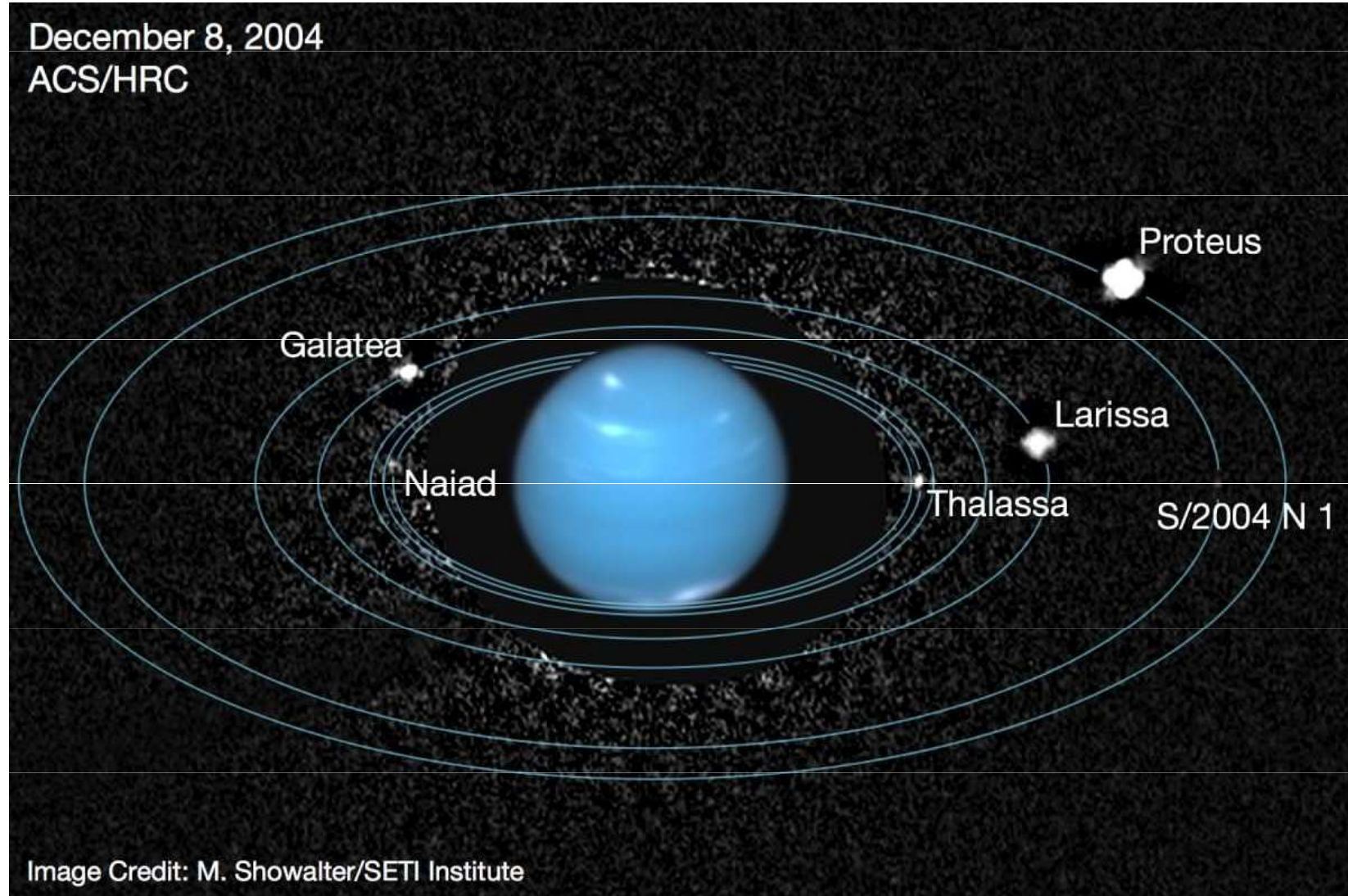
The Rings

- ◆ Neptune also has a ring system
 - Particles in the rings are dark and non-reflective much like in Uranus' rings.
 - They were verified by Voyager 2
 - Tiny particles or dust appears to be much more prevalent in Neptune's rings than in Uranus' rings
 - These thin rings (named for Adams, LeVerrier and Galle) have associated shepherd satellites, as we have come to expect in planetary ring systems
 - Ring particles dissipate over time, and so they must be replenished by cometary encounters with the planets and the moons

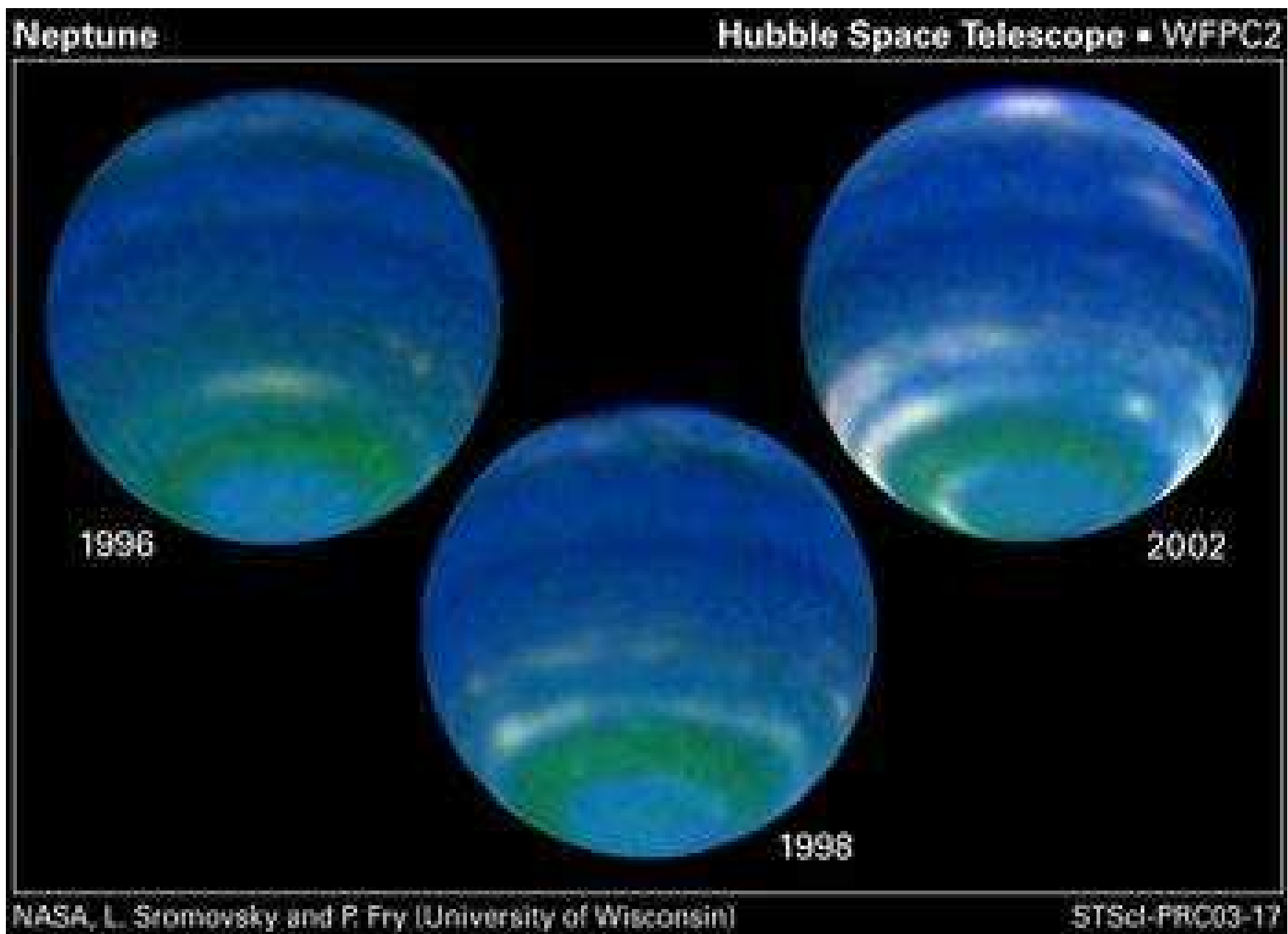


Neptune's rings are similar in character to Uranus' rings.

Prstence a měsíce Neptunu



Změny vzhledu Neptunu



Tmavá skvrna na Neptunu

The dark spot on Neptune



Neptune's blue color is largely the result of absorption of red light by methane in the atmosphere but there is some additional as-yet-unidentified chromophore which gives the clouds their rich blue tint. At the time of the Voyager encounter, Neptune's most prominent feature was the **Great Dark Spot** (left) in the southern hemisphere. It was about half the size as Jupiter's Red Spot. Neptune's winds blew the Great Dark Spot westward at 300 meters/second

Pluto



www.spacetelescope.org