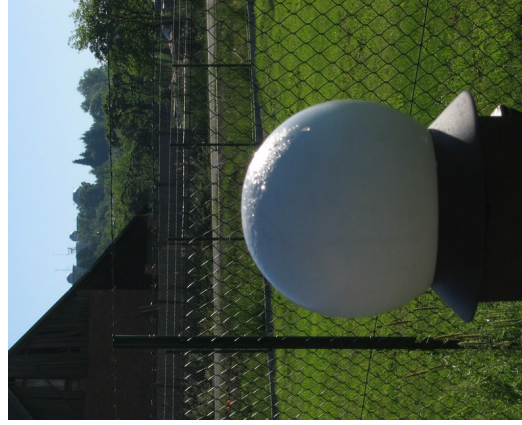


## Literatura

- [1] BBATTY, J. K., PETERSEN, C. C., CHAIKIN, A. *The New Solar System*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [2] BERTOTTI, B., FARINELLA, P., VOKROUHILICKÝ, D. *Physics of the Solar System*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [3] BROŽ, M., CHOLASTA, M. *Staroba planetární stezky je hotova*. Povětroň 2/2005.
- [4] *California & Carnegie Planet Search* [online]. [cit. 2004-11-02]. (<http://exoplanets.org/>).
- [5] HAJDUK, A. aj. *Encyklopédia astronomie*. Bratislava: Obzor, 1987.
- [6] *JPL Solar System Dynamics* [online]. [cit. 2004-10-28]. (<http://ssd.jpl.nasa.gov>).
- [7] KLECZEK, J. *Velká encyklopedie vesmíru*. Praha: Academia, 2002.
- [8] KOUBSKÝ, P. *Planety naší sluneční soustavy*. Praha: Albatros, 1988.
- [9] MURRAY, C. D., DERMOTT, S. F. *Solar System Dynamics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [10] DE PATER, I., LISSAUER, J. J. *Planetary Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [11] PŮTICH, E., KALMANČOK, D. *Obloha na dlani*. Bratislava: Obzor, 1981.
- [12] *Planetary Data System* [online]. [cit. 2004-10-28]. (<http://pds.jpl.nasa.gov>).
- [13] SCHNEIDER, J. *The Extrasolar Planets Encyclopaedia*. [cit. 2004-11-02]. (<http://www.obspm.fr/encycl/encycl.html>).
- [14] *The Nine Planets* [online]. [cit. 2004-10-28]. (<http://seeds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/>).
- [15] *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 2004-10-28]. (<http://www.wikipedia.org/>).



**Obr. 3** — Model Jupiteru můžeme pozorovat z hvězdárny dalekohledem a případně jej porovnat se skutečným Jupiterem na obloze, mají totiž přibližně stejný úhlový rozměr.



**Obr. 4** — Neptun na zastávce Městské hromadné dopravy na Novém Hradci Králové.

## Obsah

<i>O vzdálenostech ve vesmíru</i> .....	4
<i>Extrasolární planety</i> .....	4
<i>13 zastávek planetární stezky</i> .....	5
<i>Literatura</i> .....	22



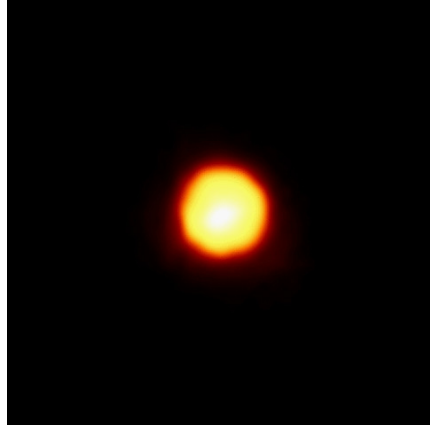
**Obr. 1** — Merkur, umístěný 58 m od Slunce.

---

Třilní strana: Model Slunce na první zastávce Planetární stezky v Hradci Králové.

# 13 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Pluto



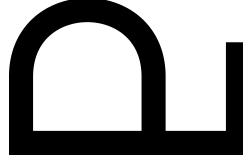
Komunizovaný snímek Pluta, dalekohledem HST. © R. Albrecht, ESA/ESO/NASA

vzdálenost od Slunce	5915 milionů km
rovníkový průměr	2300 km
oběžná doba	248 roků
rotační perioda	6,4 dne
hmotnost	$1,5 \cdot 10^{22} \text{ kg} = 0,0024 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$2000 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	-230 °C
rozsah teplot	min. -240 °C, max. -218 °C
geometrické albedo	0,3
chemické složení	křemíčitany (70%), ledy (30%); lamenné jádro, ledový obal (H <sub>2</sub> O) a povrch (N, CH <sub>4</sub> , CO, organické látky)
složení atmosféry	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub>
tlak atmosféry	0,3 Pa
velká poloosa	39,54 AU
excentricita	0,249
sklon rotační osy	17,2°
oběžná rychlost	4,8 km/s
úniková rychlost	1 km/s
tíhové zrychlení	0,7 m/s <sup>2</sup>
magnetické pole	?
rok objevu	1930
objevitel	Clyde Tombaugh, USA

**Zajímavosti:** Pluto je s měsícem Charonem považován spíše za dvojitou planetku, a to proto, že je malé a vůbec se nepodobá čtyřem vnějším planetám. Navíc se v letech 1992 až 2002 objevilo několik set menších těles na podobných dráhách jako Pluto nebo dokonce ještě vzdálenějších. Potvrdila se tak existence (do té doby hypotetického) *Kuiperova pásu*. Ještě dál od Slunce, mezi 10 000 až 50 000 AU (tj. 1 500 až 7 500 km na planetární stezce), se nachází *Oortův oblak*. Nemůžeme jej sice pozorovat přímo, ale pozorujeme komety, které z něj přilétají dovnitř sluneční soustavy.

**Mytologický původ jména:** Řecký Hádés, byl bohem podsvětí. Přes řeku Styx přešel zemřelý do podsvětí převozník Charón.

Značka:



Průměr (2,3 mm):

### Extrasolární planety

Naše sluneční soustava samořejmě není jedinou planetární soustavou ve vesmíru. V listopadu 2004 jsme u cizích hvězd znali celkem 133 extrasolárních planet (viz jejich seznamy [4], [13]). První planetu obíhající okolo vzdálené hvězdy slunečního typu objevili Michel Mayor a Didier Queloz teprve v roce 1995. Hvězda se jmenuje 51 Pegasi, od Slunce je vzdálená 50 sv. r. (tj. 470 000 km na stezce)

<sup>1</sup> Světelný rok (sv. r., ly) je vzdálenost, kterou uletí světlo (ve vakuu) za 1 rok. Rychlost světla ve vakuu je  $c = 299\,792\,458 \text{ km/s}$  (přesně). Pak  $1 \text{ sv. r.} = 1 \text{ rok} \cdot c = 365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} \cdot 299\,792\,458 \text{ km/s} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ , tedy asi 9,5 bilionů kilometrů.

### O vzdálenostech ve vesmíru

Planetární stezka ukazuje velikosti Slunce a planet a jejich vzdálenosti miliardrát menší než ve skutečnosti. Na obr. 2 jsou znázorněny průměry těles sluneční soustavy „na jednom místě“, aby je bylo možné snadno porovnat.

Nyní bychom si však měli říci, jak velké, nebo jak daleko, jsou v téže měřítku jiné objekty. Například velikost člověka odpovídá přibližně rozměru molekuly. Vzdálenost z Hradce Králové do Košic lze přirovnat k vlnové délce viditelného světla.

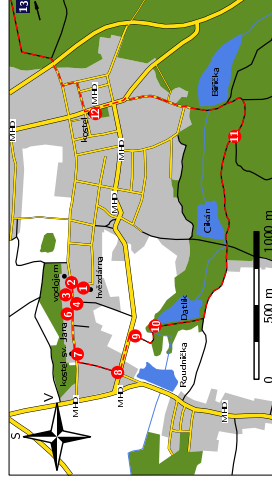
Do sluneční soustavy patří i objekty za Neptunem: tělesa *Kuiperova pásu* se mohou nacházet mezi 5 km a 150 km od Slunce; kometární jádra v *Oortově oblaku* jsou 5 000 km až 10 000 km daleko.

K druhé nejbližší hvězdě po Slunci, *Proximě Centauri*, musíme vykonat cestu „okolo světa“, je totiž 40 500 km daleko (ve skutečnosti 4,28 světelného roku). Sírius ze souhvězdí Velkého psa, po Slunci druhá nejjasnější hvězda na obloze, je ještě dvakrát dál. Arkturus z Pastýře, jarní hvězda, na níž ukazuje oj Velkého vozu, je zhruba tak daleko jako skutečný Měsíc, tj. 384 000 km. Vzdálenost Rigelu ( $\beta$  Orionis) je už přes 10 milionů kilometrů.

Rozměr naší *Galaxie*, soustavy zahrnující asi 200 miliard hvězd, je 1 miliard kilometrů, tj. více než reálná vzdálenost Slunce–Jupiter. Toto číslo se zcela vymyká jakýmkoliv pozemským měřítkům, další příklady vzdáleností v měřítku stezky proto uvádíme jen ve formě tabulky:

otevřená hvězdokupa Plejády (M 45) v Býkovi	3,7 milionů km
kulová hvězdokupa M 13 v Herkulovi	190 milionů km
Velké Magellanovo mráčko	1,5 miliardy km
Velká galaxie v Andromedě (M 31)	30 miliard km
kupa galaxií v souhvězdí Panny	400 miliard km
hranice pozorovatelného vesmíru	130 bilionů km

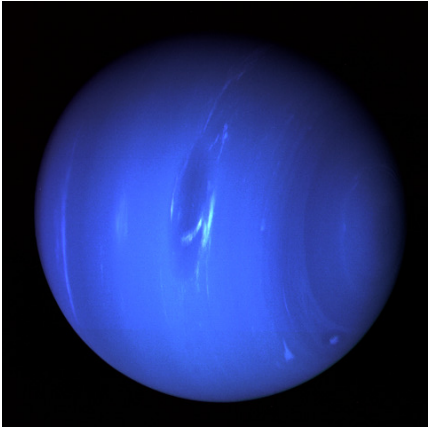
**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** Stezka začíná u hvězdám; planeta Neptun je u kostela na Novém Hradci Králové.



# 12 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Neptun

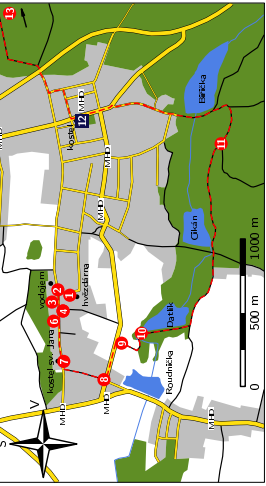
vzdálenost od Slunce	4 504 milionů km
rovníkový průměr	49 532 km
oběžná doba	163,7 roku
rotační perioda	16,1 h
hmotnost	$1,02 \cdot 10^{26}$ kg = 17,14 $M_{\oplus}$
průměrná hustota	1 600 kg/m <sup>3</sup>
teplota na povrchu	-201 °C
rozsah teplot	min. -223 °C
geometrické albedo	0,41
chemické složení	kamenné jádro, ledový plášť, H <sub>2</sub> (15 %)
složení atmosféry	80% H <sub>2</sub> , 19% He, CH <sub>4</sub>
tlak atmosféry	větší než 10 <sup>7</sup> Pa
veliká poloosa	30,11 AU
excentricita	0,009
sklon dráhy	1,8 °
sklon rotační osy	30°
oběžná rychlost	5,5 km/s
úniková rychlost	23 km/s
tíhové zrychlení	11,0 m/s <sup>2</sup>
magnetické pole	$1,4 \cdot 10^{-5}$ T
rok objevu	1846
objevitel	Johann G. Galle, Německo



Neptun s výrazným oblačným vířem v atmosféře. © NASA/JPL

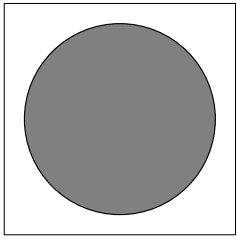
**Zajímavosti:** Neptun je planeta, jež byla objevena nejprve matematickým výpočtem a až poté na obloze. J. C. Adams a nezávisle U. J. J. Leverrier v roce 1845 vypočetli její dráhu z odhalení dráhy Uranu. J. G. Galle ji našel 1° od přepočtené polohy. Ke spatření Neptuna potřebujeme nezbytně dalekohled. Donesláma byly známé jen dva Neptunovy měsíce: velký *Triton*, obíhající po kruhové dráze, a malá *Nereida*, jejíž dráha je protáhlejší elipsou. (Nereida se může vzdálit až na 110 průměrů Neptunu.)

**Mytologický původ jména:** Řecký Poseidón, ve staročestně Voděňka, byl synem Saturna a bratrem Jupitera. Neptun byl bohem moří. Dostal darem trojzubec, kterým dokázal rozbíjet nebo utiřit mořskou bouři.

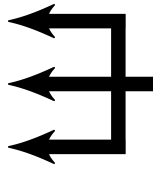


**Měřitko stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 1 411 milionů km; tj. 1 411 na stezce.

Průměr (5,0 cm):



Značka:



a je viditelná na obloze pouhým okem (můžeme ji zkusit vyhledat podle přiložené mapky). Planeta 51 Pegasi B obíhá hvězdu jednou za 4,231 dne ve vzdálenosti pouhých 0,051 AU (což odpovídá 7,6 m na stezce), má hmotnost nejméně 0,46 hmotnosti Jupitera a na jejím povrchu je teplota přes tisíc stupňů Celsia — je tedy úplně jiná než planety známé ze sluneční soustavy. Stejně jako ostatní vzdálené planety však není *přímou* viditelná, a to ani největšími dalekohledy na světě. Extrasolární planety však lze zjistit různými způsoby nepřímou.<sup>2</sup>

V příštích desetiletích, s nástupem kosmických projektů jako je astrometrická družice GAIA nebo obří interferometr TPF, lze očekávat objevy desítek dalších planet. Některé budou tak malé jako naše Země, některé se podaří přímo zobrazit a případně získat spektra. Najdeme-li ve spektrech čáry příslušející molekulám dusíku a kyslíku, můžeme doufat, že by na vzdálených planetách mohla existovat biosféra. . .

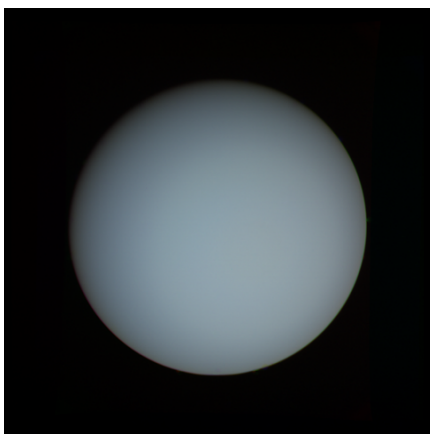
### 13 zastávek planetární stezky

Na 15 tabulích planetární stezky se dozvíte informace o třinácti tělesech sluneční soustavy, která jsou znázorněna: o Slunci, devíti planetách, Měsíci, planetě Ceres a Halleyově kometě. Tabule jsou přetištěny v téže podobě, v jaké je vidíte na jednotlivých zastávkách.

<sup>2</sup> Při hledání extrasolárních planet byly zatím úspěšné čtyři metody: (1) Hvězda a planeta se navzájem gravitačně přitahují, což může způsobit měřitelné pohyby hvězdy. Podle *Dopplerova zákona* je *radiální rychlost* hvězdy  $v$  ve směru k pozorovateli úměrná posunu  $\Delta\lambda$  vlnové délky  $\lambda$  jejího záření, který lze měřit spektrografem ( $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$ ). Z průběhu rychlosti  $v(t)$ , hmotnosti hvězdy odhadnuté ze spektra, měřené vzdálenosti hvězdy od Země a z Newtonova gravitačního zákona pak pro planetu vypočítáme oběžnou dobu, velikost oběžné dráhy a součin  $M \sin i$ , kde  $M$  je hmotnost a  $i$  sklon dráhy vzhledem k pozorovateli. ( $i$  často neznáme a  $M$  tedy nelze určit jednoznačně.) (2) Když je sklon  $i$  dráhy planety blízký nule, může docházet k *přechodům* planety před diskem hvězdy. Protože je planeta chladnější, projeví se úkaz dočasným malým poklesem jasnosti hvězdy. Metoda přechodů dovoluje ve spojení s metodou radiálních rychlostí měřit hmotnost  $M$  planety (protože  $i = 0$ ), její průměr, teplotu a někdy i chemické složení atmosféry. (3) Při náhodném zákrutu dvou vzdálených hvězd může ta bližší gravitačně zesílit záření vzdálenější; tento jev nazýváme *gravitační mikročůčka*. Planety obíhající blíže hvězdu se projevují jako nepravidelnosti při průběhu zjasnění. Metoda je velmi citlivá a teoreticky umožňuje zjistit i lehké planety o hmotnosti Země, i když se to zatím nepodařilo. (4) Pokud planeta obíhá okolo *pulsaru*, rychle rotující neutronové hvězdy, která vysílá velmi pravidelné pulsy záření, projeví se periodickými posuny těchto pulsů. Navzdory tomu, že pulsary vznikají při výbuších supernov, se několik lehkých planet objevit podařilo.

# 11 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Uran

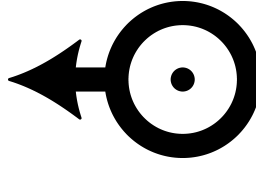


Uran nasávil Voyager 2 v roce 1986. © NASA/JPL

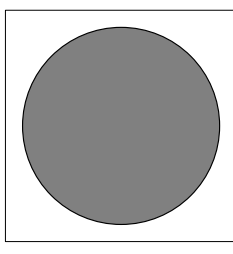
**Zajímavosti:** Uran je na hranici viditelnosti okem, a proto byl objeven až dalekohledem. Prstence jsou velmi tmavé (odrážejí jen 4 % slunečního záření); byly zjištěny v roce 1977 nepřímo, při zákrvut hvězdy touto planetou. Zvláštností je velký sklon rotační osy — leží téměř v rovině dráhy a na planetu se tak střídavě díváme ve směru jejího severního a jižního pólu.

**Mytologický původ jména:** Řecký Úranos, ve staročestně Nebešťanka, byl společně se Zemí nejstaším bohem. Pocházel z noci. Jména měsíců Uranu jsou výjimečná, neboť nepocházejí z antické mytologie, ale z divadelních her Williama Shakespeara (např. Titania, Oberon, Miranda, Ariel, Umbriel).

Značka:

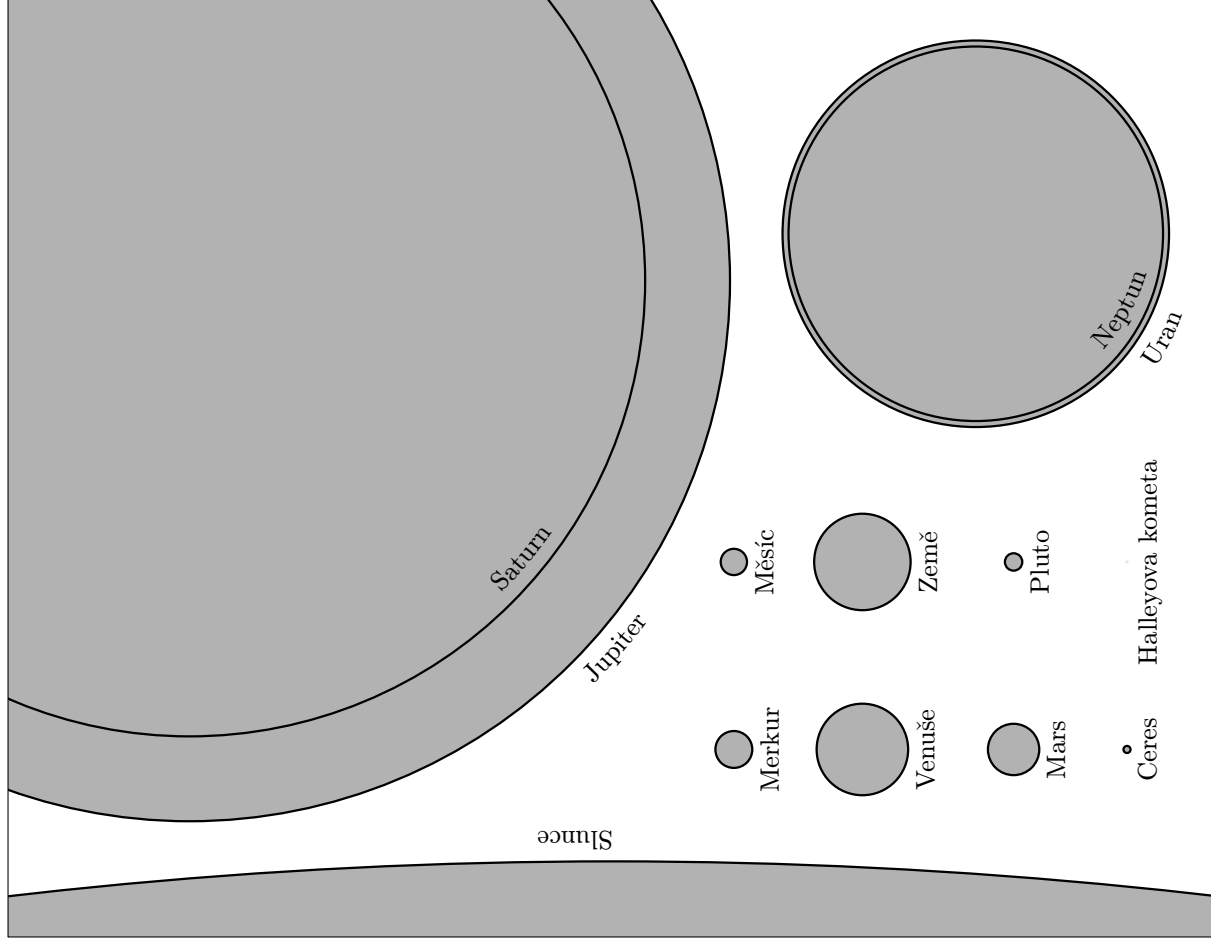
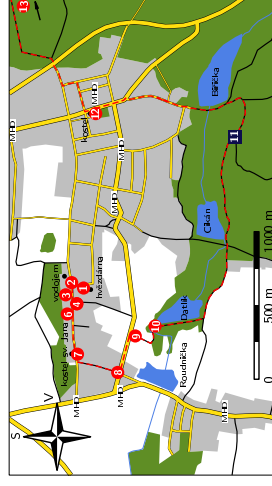


Průměr (5,1 cm):



vzdálenost od Slunce	2875 milionů km
rovníkový průměr	51 118 km
oběžná doba	83,7 roku
rotační perioda	17,2 h
hmotnost	$8,68 \cdot 10^{25} \text{ kg} = 14,53 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$1\,300 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$-197 \text{ }^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-214 \text{ }^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,51
chemické složení	jádro (křemík, Fe), ledový plášť ( $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ , amoniak), $\text{H}_2$ (jen 15%)
složení atmosféry	80% $\text{H}_2$ , 11% He, $\text{CH}_4$
tlak atmosféry	větší než $10^7 \text{ Pa}$
velká poloosa	19,22 AU
excentricita	0,046
sklon dráhy	$0,8 \text{ }^{\circ}$
sklon rotační osy	$98 \text{ }^{\circ}$
oběžná rychlost	6,8 km/s
úniková rychlost	21 km/s
tíhové zrychlení	$8,7 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	$2,3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
rok objevu	1781
objevitel	William Herschel, Anglie

**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** vzdálenost k dalšímu tělesu je 1 629 milionů km; tj. 1 629 m na stezce.



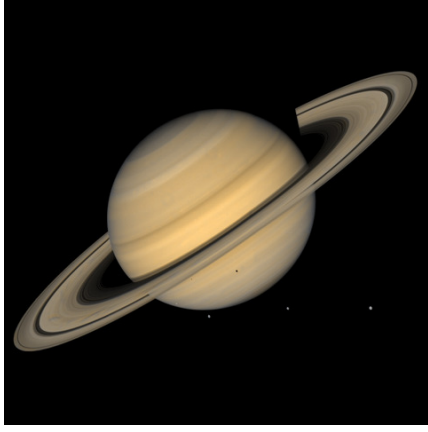
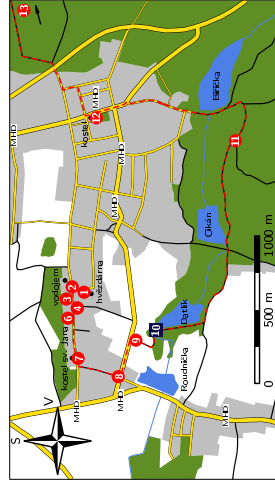
**Obr. 2** — Nákres velikostí Slunce, planet a dvou menších těles sluneční soustavy v měřítku planetární stezky (1 ku 1 miliardě).

# 10 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Saturn

vzdálenost od Slunce	1 429 milionů km
rovníkový průměr	120 536 km
oběžná doba	29,4 roku
rotační perioda	10,6 h
hmotnost	$5,69 \cdot 10^{26}$ kg = $95,16 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$700 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$-139 \text{ }^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-191 \text{ }^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,46
chemické složení	kamenné jádro, vnitřní obal kovový H a vnější molekularní $\text{H}_2$
složení atmosféry	89% $\text{H}_2$ , 11% He
tlak atmosféry	větší než $10^7 \text{ Pa}$
velká poloosa	9,555 AU
excentricita	0,056
sklon dráhy	$2,5^{\circ}$
sklon rotační osy	$27^{\circ}$
oběžná rychlost	9,7 km/s
úniková rychlost	36 km/s
tíhové zrychlení	$9,0 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	$2,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
rok objevu	?
objevitel	?

**Měřitko stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 1 446 milionů km; tj. 1 446 m na stezce.



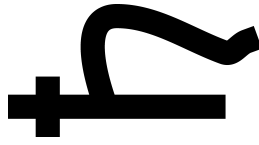
Saturn i se soustavou prstenců a měsíců „očima“ kamery Voyageru 2. © NASA/JPL

**Zajímavosti:** Saturn je velkou plynou planetou s průměrnou hustotou menší než je hustota vody. Nejnápadnějším tvářem jsou jeho prstence; byly poprvé popsány až v roce 1655 Christiaanem Huygensem. Jsou tvořené drobnými úlomky (typicky 1 cm až 100 m velkými), které obíhají okolo Saturnu prakticky v jedné rovině.

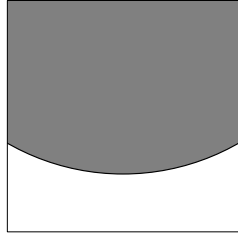
Okolo planety obíhá početná rodina měsíců. Nejbližší z nich je *Titan* s metanovou atmosférou. (Měsíc o průměru 3000 km má totiž příliš malou přitažlivost, aby si takový plynový obal mohl dlouhodobě udržet.)

**Mytologický původ jména:** Řecký Kronos, ve staročestně Hladolet, byl synem Uranu a Země. Saturn byl bohem zemědělství.

Značka:



Průměr (12,5 cm):



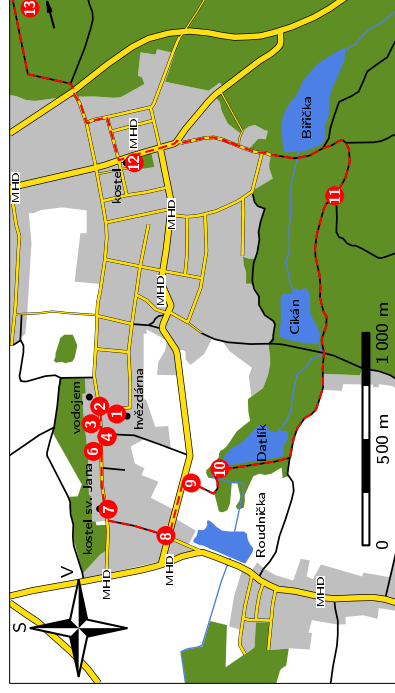
# PLANETÁRNÍ STEZKA

Planetární stezka je vlastně **model naší sluneční soustavy v měřítku 1 ku 1 miliardě**. Tomuto měřítku odpovídají zároveň rozměry těles (modelů Slunce a planet) i vzdálenosti, které mezi nimi musíte ujet. Na každé zastávce najdete malou kuličku znázorňující planetu a příslušnou informační tabulku, na níž jsou uvedeny základní údaje a zajímavosti o dané planetě.

**Celková délka naučné stezky je 6,5 km.** Pro orientaci vám může sloužit příložená mapa a tabulka (ty jsou i na *informačním letáku* o planetární stezce a v časopise *Povětrň Special 2/2004*):

<b>1</b> Slunce	<b>začátek</b> před hvězdárnou
<b>2</b> Merkur	58 m na rohu ulice Zámeček a K hvězdárně
<b>3</b> Venuše	108 m u Bistra u Hvězdárny
<b>4</b> Země	150 m v ulici Zámeček
<b>5</b> Měsíc	bližko Země
<b>6</b> Mars	228 m v těže ulici naproti autoopravně
<b>7</b> Ceres	414 m vyhlídka od kostela sv. Jana
<b>8</b> Jupiter	780 m pod kopcem, na křižení ulic Hlavní a Viničná
<b>9</b> Halley	1,1 km na poli před Datlíkem
<b>10</b> Saturn	1,4 km hráz rybníka Datlík
<b>11</b> Uran	2,9 km v lese na půli cesty mezi Cikánem a Bírčkovou
<b>12</b> Neptun	4,5 km konečná MHD na Novém Hradci Králové
<b>13</b> Pluto	6,5 km u lesního hřbitova (MHD), po žluté značce

Když se po stezce vydáte, seznámíte se nejen se vzdálenostmi, velikostmi a vlastnostmi těles sluneční soustavy, ale zároveň poznáte i malebnou krajinu Nového Hradce Králové, Zámečku, Roudničky a Kluků. Budete procházet nejprve po asfaltové cestě, potom pěšinou, přes pole, lesem, okolo rybníků Datlík, Cikán a Bírčeka, na konečnou MHD na Novém Hradci a případně až na lesní hřbitov.

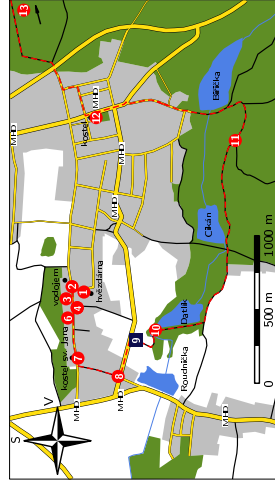


# 9 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Halley

vzdálenost od Slunce	87,8 až 5 234 milionů km
rovníkový průměr	16 km
oběžná doba	76 roků
rotační perioda	2,2 dne
hmotnost	$5 \cdot 10^{13} \text{ kg} = 1 \cdot 10^{-11} M_{\oplus}$
průměrná hustota	$100 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$\sim -100^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-200^{\circ}\text{C}$ , max. $+100^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,04
chemické složení	zrnité plyny ( $\text{H}_2\text{O}$ ) a prachové částice (organické molekuly)
složení atmosféry	$\text{H}_2\text{O}$ , OH, CN, $\text{C}_2$ , $\text{H}_2\text{CO}$ , ...
tlak atmosféry	0
velká poloosa	35,0 AU
excentricita	0,967
sklon dráhy	$162,2^{\circ}$
sklon rotační osy	?
oběžná rychlost	0,9 až 55 km/s
úniková rychlost	0,001 km/s
tíhové zrychlení	$5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$
magnetické pole	0
rok objevu	-239
objevitel	?

**Měřítka stezky je 1:1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 329 milionů km; tj. 329 m na stezce.



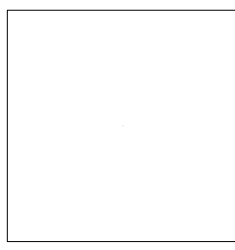
Jádru komety 1P/Halley na snímku sondy Giotto, © MPAE

**Zajímavosti:** Dráhy komet bývají protáhlejší a více skloněné k rovině ekliptiky než dráhy planet. Když se jádro komety přiblíží k Slunci asi na vzdálenost Marsu, zahřeje se natolik, že začne led tát (přesněji sublimovat) a do okolí se uvolní prach a plyn — vznikne hlava komety (*koma*). Interakcí se slunečním větrem se pak vytváří *ohon*.

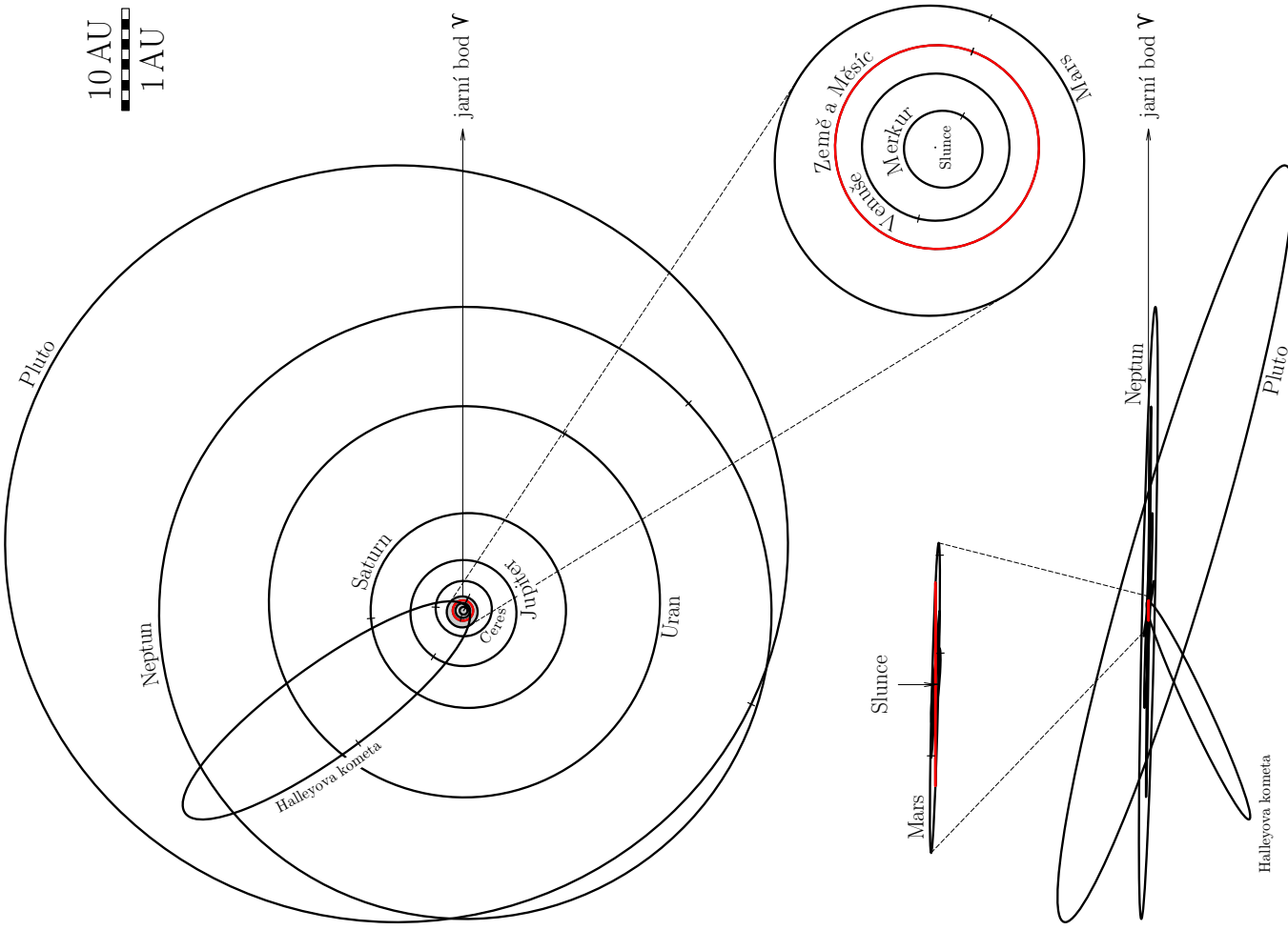
Na této zastávce je znázorněno pouze jádro komety, a to jako špička špendlíku. Kdybyste si chtěli představit kometu v blízkosti Slunce (třeba v místě vodojemu na severovýchodním obzoru): koma by mohla být velká řádově 10 cm nebo 1 m, ohon by mohl sahát přes celý hřeben až ke kostelu svatého Jana.

**Mytologický původ jména:** Komety se obvykle pojmenovávají po svých objevitelích. Edmund Halley (1656–1742) sice kometu neobjevil, ale jako první přepověděl její návrat.

Průměr (0,016 mm):



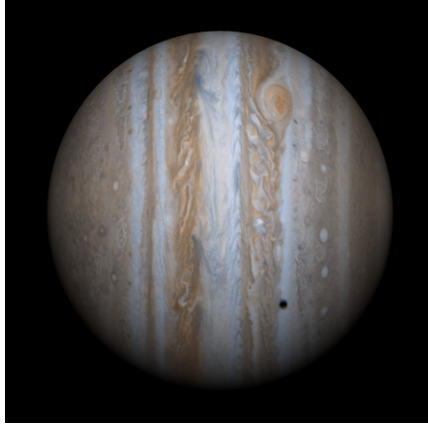
Značka:



Nárys a bokorys oběžných drah těles sluneční soustavy, která jsou znázorněna na planetární stezce. Vnitřní část sluneční soustavy je pro názornost ještě 10 krát zvětšena. Na měřících jsou uvedeny vzdálenosti v astronomických jednotkách — 1 AU = 149 597 870,691 km. Polohy planet, planetky (1) Ceres a komety 1P/Halley jsou vždy značeny malými rýskami, a to k datu 1. září 2003.

# 8 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Jupiter

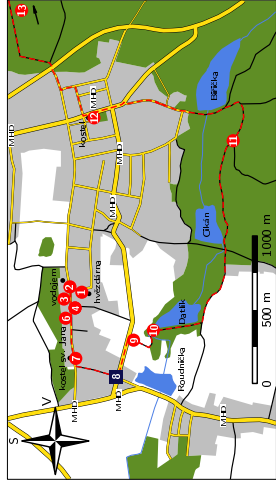


Obrázek Jupiteru z meziplanární sondy Cassini. Pod rovníkem vpravo je vidět Velká rudá skvrna, vlevo sřít měsíce. © NASA/JPL/University of Arizona

vzdálenost od Slunce	778,3 milionu km
rovníkový průměr	142 984 km
oběžná doba	11,9 roku
rotační perioda	9,9 h
hmotnost	$1,90 \cdot 10^{27}$ kg = $317,7 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$1 300 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu <sup>(4)</sup>	-108 °C
rozsah teplot	min. -163 °C
geometrické albedo	0,47
chemické složení	kamenné jádro (křemičitany), obal (kovový H), H <sub>2</sub>
složení atmosféry	89 % H <sub>2</sub> , 11 % He
tlak atmosféry	větší než $10^7$ Pa
velká poloosa	5,203 AU
excentricita	0,048
sklon dráhy	1,3°
sklon rotační osy	3°
oběžná rychlost	13,1 km/s
úhlová rychlost	60 km/s
tíhové zrychlení	23,1 m/s <sup>2</sup>
magnetické pole	4,28 · 10 <sup>-4</sup> T
rok objevu	?
objevitel	?

<sup>(4)</sup> U všech walkých planet jde o teplotu v tlakové hladině  $10^6$  Pa.

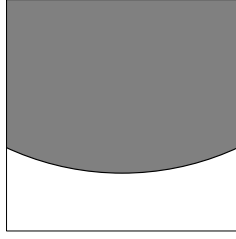
**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** vzdálenost k dalšímu tělesu je 322 milionů km; tj. 322 m na stezce.



Značka:

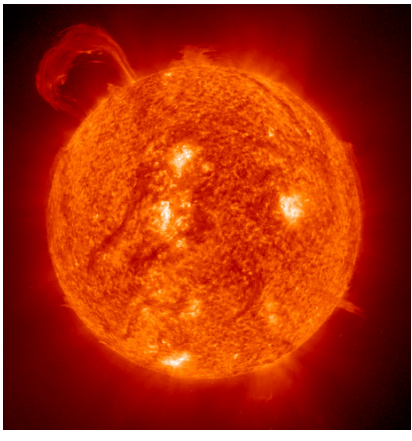


Průměr (14,3 cm):



# 1 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Slunce



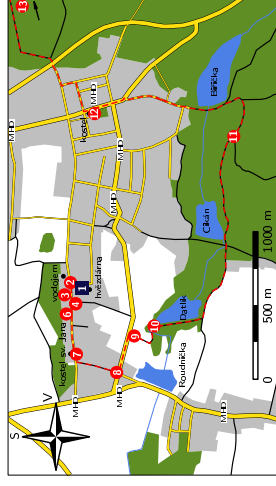
Slunce s velkou protuberancí, pozorováno v ultrafialovém záření družicí SOHO. © SOHO/DTI

vzdálenost od Slunce	—
rovníkový průměr	1 391 020 km
oběžná doba	—
rotační perioda	25 až 33 dní (diferenciální)
hmotnost	$1,99 \cdot 10^{30}$ kg = $332 946 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$1 400 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	5 500 °C
rozsah teplot	min. 4 000 °C, max. $10^6$ °C
geometrické albedo	0 (,absolutně černé těleso")
chemické složení	plazma H (71 % hmotnosti), He (27 %), 2 % těžších prvků
složení atmosféry	H (71 %), He (27 %)
tlak atmosféry	100 Pa
sklon rotační osy <sup>(1)</sup>	7,25°
úhlová rychlost	617 km/s
tíhové zrychlení	$274 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	$10^{-4}$ T až 0,3 T (skvrny)
rok objevu	—
objevitel	—

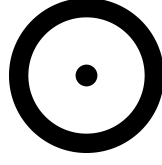
<sup>(1)</sup> Úhel mezi rovníkem Slunce a rovníkem oběžné dráhy Země (ekliptikou).

**Mytologický původ jména:** Slunce si bezpochyby lidé uvědomovali odpradáva. Často s ním spojovali svá božstva — ve staroegyptské civilizaci se bůh Slunce nazýval Re, staří Řekové měli svého Apollóna.

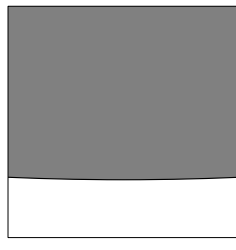
**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** vzdálenost k dalšímu tělesu je 57,9 milionů km; tj. 57,9 m na stezce.



Značka:



Průměr (1,39 m):

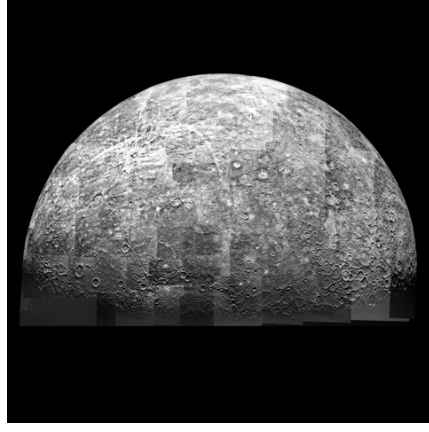


**Zajímavosti:** Slunce je hvězda. V porovnání s velikostí planet je to obrovská koule plynu. V jeho středu dosahuje teplota 15 milionů °C, tlak  $2,48 \cdot 10^{16}$  Pa [paskalů] (na povrchu Země je standard 101 325 Pa), hustota  $162 000 \text{ kg/m}^3$  (hustota vody je  $1 000 \text{ kg/m}^3$ ). Při těchto podmínkách probíhá slučování jader atomů vodíku na jádra atomů hélia. Tím se vytvářejí fotony a neutrina. Fotonová zářivost Slunce je  $3,85 \cdot 10^{26}$  W [wattů]. Na  $1 \text{ m}^2$  povrchu Země dopadá v průměru 342 W. Tato energie umožňuje život na Zemi.

Stáří Slunce je 4,6 až 4,7 miliardy let, bude žít ještě 5 miliard let. Ke konci života projde stadiem červeného obra, jehož rozsáhlá atmosféra se rychlostí asi 1 000 km/s odpojí a obnaží tak nitro. To bude pozorovatelné jako chladnoucí bílý trpaslík, rozpínající se obálka vytvoří planetární mlhovinu.

# 2 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Merkur

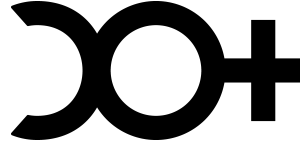


Mozaikový snímek Merkuru, družice Mariner 10. © Davies, M. E., S. E. Dworkin, D. E. Gault, R. G. Strom *Atlas of Mercury*, NASA SP-423 (1978).

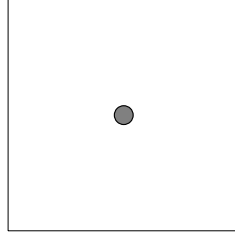
**Zajímavosti:** Planety, narozdíl od hvězd, nesvítlí vlastním světlem, ale odrážejí sluneční světlo. Merkur je planeta Slunci nejbližší. Astronomové se pokoušeli nalézt i hypotetickou planetu Vulkán, která by obíhala kolem Slunce ještě blíže, ale nebyli úspěšní. Ač je Merkur malý — asi jako náš Měsíc — má velké železné jádro.

**Mytologický původ jména:** Řecký nazývaný Hermés, ve staročestíně Dobropán, byl nemanželský syn Jupiterův a bratr Apollóna, boha Slunce. Merkur byl rozporuplný bůh: na jedné straně býval bohem moudrosti, na straně druhé byl sám lstivým zlodějem.

Značka:



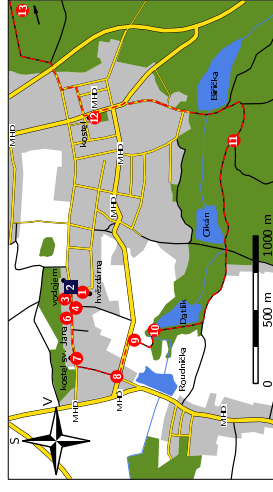
Průměr (4,9 mm):



vzdálenost od Slunce	57,9 milionu km
rovníkový průměr	4 880 km
oběžná doba	88 dní
rotační perioda	58 dní
hmotnost	$3,30 \cdot 10^{23}$ kg = $0,055 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$5 400 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$179 \text{ }^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-170 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , max. $+430 \text{ }^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo <sup>(2)</sup>	0,12
chemické složení	jádro Fe (70%), plášť křemičitaný (30%) (He, K) 2%
složení atmosféry	? (velmi řídká)
tlak atmosféry	0,387 AU
velká poloosa	0,206
excentricita	$7,0^{\circ}$
sklon dráhy	$0,1^{\circ}$
sklon rotační osy	$47,9 \text{ km/s}$
oběžná rychlost	$4,4 \text{ km/s}$
úniková rychlost	$3,7 \text{ m/s}^2$
tíhové zrychlení	$3,3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$
magnetické pole	?
rok objevu	?
objevitel	?

<sup>(2)</sup> Podíl množství záření odráženého od planety a dopadajícího slunečního záření.

**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** vzdálenost k dalšímu tělesu je 50,3 milionů km; tj. 50,3 m na stezce.



# 7 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Ceres



Planetka (243) Ida, jedna z mála planetek, které byly pozorované zblízka (foto ze sondy Galileo). © JPL/NASA

**Zajímavosti:** V pásu mezi Marsem a Jupiterem obíhá velké množství těles, která jsou menší než planety; říká se jim planetky nebo asteroidy. První objevená a zároveň největší z nich, o rozměru téměř 1000 km, je (1) Ceres. Další v pořadí byly (2) Pallas, (3) Juno a (4) Vesta. Žádná planetka není pozorovatelná prostým okem.

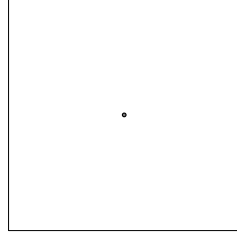
Existuje asi 100 000 planetek větších než 1 km. Jejich celková hmotnost však nedosahuje ani hmotnosti Merkuru. U většiny planetek nedošlo nikdy v minulosti k přetavení, protože uvnitř malých těles nebyla dostatečná teplota a tlak. Jsou tak pravděpodobně tvořeny nepřeměněnými horninami, z nichž kdysi vznikly i velké planety.

**Mytologický původ jména:** Ceres (Ži-wěna) je pojmenování sicilské bohyně.

Značka:

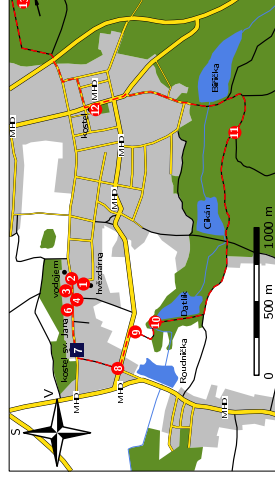


Průměr (0,9 mm):



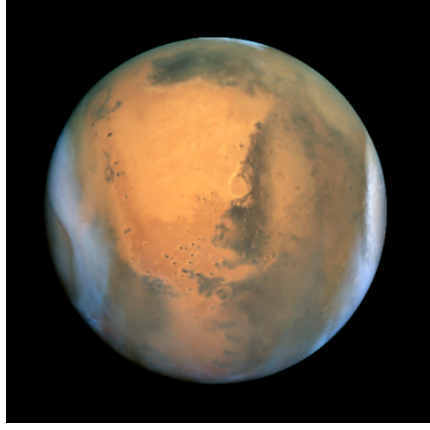
vzdálenost od Slunce	413,9 milionu km
rovníkový průměr	934 km
oběžná doba	4,6 roku
rotační perioda	9,075 h
hmotnost	$2,3 \cdot 10^{21}$ kg = $0,0004 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$2 300 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$-90 \text{ }^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , max. $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,05
chemické složení	jako meteority (uhlíkaté chomidity), nediferencovaná struktura
složení atmosféry	—
tlak atmosféry	0
velká poloosa	2,766 AU
excentricita	0,077
sklon dráhy	$10,6^{\circ}$
sklon rotační osy	?
oběžná rychlost	$17,9 \text{ km/s}$
úniková rychlost	$0,1 \text{ km/s}$
tíhové zrychlení	$0,3 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	0
rok objevu	1801
objevitel	Giuseppe Piazzi, Itálie

**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** vzdálenost k dalšímu tělesu je 364 milionů km; tj. 364 m na stezce.



# 6 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Mars



Planeta Mars vyfotografovaná Hubblovým kosmickým teleskopem dne 26. 6. 2001. © NASA, James Bell (Cornell Univ.), Michael Wolff (Space Science Inst.), Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

**Zajímavosti:** Už při pohledu očima si všimnete typické červené barvy Marsu, mohou za ni oxidy železa. Bílé polární čepičky jsou tvořeny ledem CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O. V současné době nemůže být na Marsu voda v kapalném stavu, protože ovzdušší je příliš řídké (atmosférický tlak je 100 krát nižší než na Zemi).

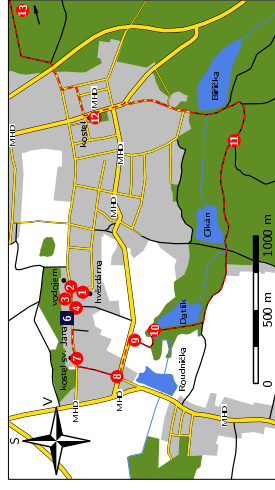
Mars má dva malé měsíce nepravidelného tvaru: Fobos (27 km × 21 km × 19 km) a Deimos. Jsou to pravděpodobně zachycené planetky.

**Mytologický původ jména:** Řecký Arés, ve staročestíně Smrtonoš, byl symem Jupitera a jeho manželky Juno. Mars byl bohem války.

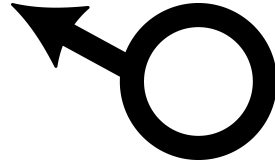
Bývá nazýván „rudou planetou“. Názvy jeho měsíců v češtině jsou Strach a Hrůza.

vzdálenost od Slunce	227,9 milionu km
rovníkový průměr	6 792 km
oběžná doba	687 dní
rotační perioda	24,6 h
hmotnost	$6,42 \cdot 10^{23}$ kg = $0,107 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$3 900 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	-63 °C
rozsah teplot	min. -120 °C, max. +20 °C
geometrické albedo	0,15
chemické složení	jádro Fe, písek (křemičitany), jednodílná křída (SiO <sub>2</sub> , FeO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
složení atmosféry	95,3% CO <sub>2</sub> , 2,7% N <sub>2</sub> , 1,6% Ar, 0,1% O <sub>2</sub>
tlak atmosféry	800 Pa
velká poloosa	1,524 AU
excentricita	0,093
sklon dráhy	1,9°
sklon rotační osy	25°
oběžná rychlost	24,1 km/s
úhlová rychlost	5,0 km/s
tíhové zrychlení	$3,7 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	$5 \cdot 10^{-9}$ T
rok objevu	?
objevitel	?

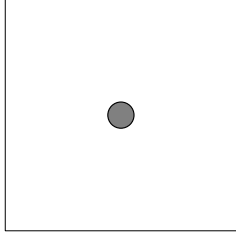
**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 186 milionů km; tj. 186 m na stezce.



Značka:



Průměr (6,8 mm):



# 3 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Venuše



Venuše bez oblačí — radar sondy Magellan. © JPL/NASA

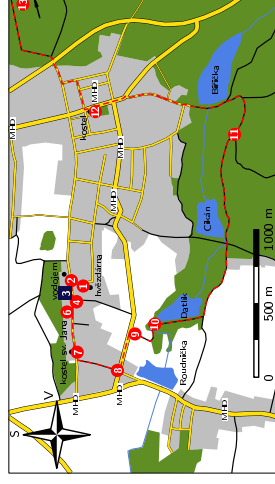
**Zajímavosti:** Venuše je stále zahalena do hustých mraků; na povrchu tak není vidět přímý sluneční svět. Vysoká povrchová teplota (dokonce vyšší než u Merkuru) je způsobena *skleníkovým efektem* — viditelné sluneční záření pronikne atmosférou, zahřeje povrch, který potom září v infračerveném záření, ale to je atmosférou účinně pohlcováno. (Obdobný proces funguje i v zemské atmosféře, ale je podstatně méně účinný.)

Planeta se okolo své osy otáčí velmi pomalu a opačným směrem (retrográdně), než obíhá okolo Slunce.

**Mytologický původ jména:** Řecký Afrodité, staročesky Krasopaní, se zrodila z mořské pěny. Venuše byla bohyň krásy, lásky a plodnosti.

vzdálenost od Slunce	108,2 milionu km
rovníkový průměr	12 104 km
oběžná doba	225 dní
rotační perioda	243 dní
hmotnost	$4,87 \cdot 10^{24}$ kg = $0,815 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$5 200 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	464 °C
rozsah teplot	min. +464 °C, max. +464 °C
geometrické albedo	0,65
chemické složení	asi podobné Zemi, ale méně husté jádro a jednodílná křída
složení atmosféry	96,5% CO <sub>2</sub> , 3,5% N <sub>2</sub>
tlak atmosféry	$9,6 \cdot 10^6$ Pa = $90 p_{\oplus}$
velká poloosa	0,723 AU
excentricita	0,007
sklon dráhy	3,4°
sklon rotační osy	177°
oběžná rychlost	35,0 km/s
úhlová rychlost	10,4 km/s
tíhové zrychlení	$8,9 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	menší než $2 \cdot 10^{-9}$ T
rok objevu	?
objevitel	?

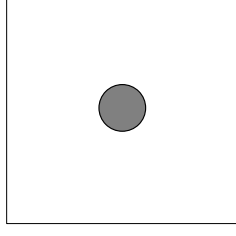
**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 41,4 milionů km; tj. 41,4 m na stezce.



Značka:



Průměr (12,1 mm):



# 4 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Země



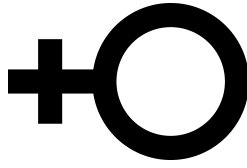
Země a Měsíc při průletu sondy Galileo. © JPL/NASA

**Zajímavosti:** Na Zemi (jako jediném tělese sluneční soustavy) existuje díky kapalně vodě život. Země vznikla spolu se Sluncem a ostatními tělesy před 4,56 miliardami let. Je to planeta stejného typu jako Merkur, Venuše a Mars: má kovové jádro a objemný kamenný plášť. Zemské těleso není přesně kulaté, ale zploštělé (polární průměr činí 12714 km). Země obíhá Slunce, otáčí se kolem své osy, ale koná i další pohyby. Nejvýraznější je *precese* — kývání zemské osy s periodou 26 500 let. V současné době směřuje osa k nepřítisí nápadně hvězdě Polárce.

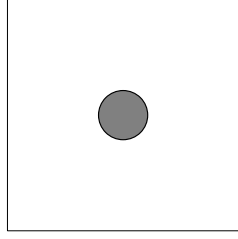
Kromě devíti planet ve sluneční soustavě je známo již přes 100 *extrasolárních planet*, jež obíhají kolem cizích hvězd.

**Mytologický původ jména:** Řecký se nazývá Gaia. Byla matkou nejen lidí, ale i bohů.

Značka:

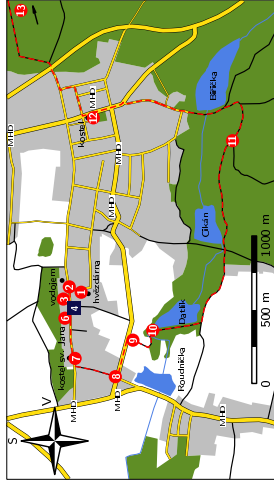


Průměr (12,8 mm):



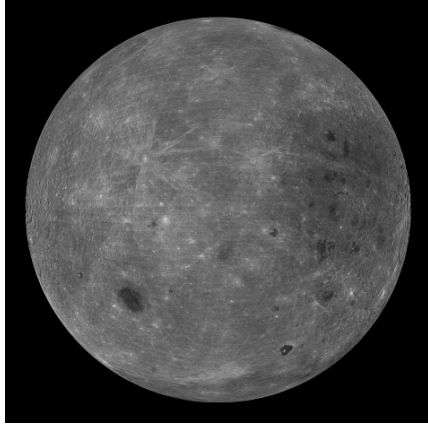
vzdálenost od Slunce	149,6 milionu km
rovníkový průměr	12 756 km
oběžná doba	365,25 dne
rotační perioda	23 h 56 min 4 s
hmotnost	$5,97 \cdot 10^{24}$ kg = $1 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$5 500 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$15^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-80^{\circ}\text{C}$ , max. $+50^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,367
chemické složení	jádro: vnitřní Fe, Ni (30%), vnější (příměs S, O), plastický plášť, tenká kůra O, Si, Al (polybivá litosférické desky)
složení atmosféry	$78,1\% \text{ N}_2$ , $20,9\% \text{ O}_2$
tlak atmosféry	$101 325 \text{ Pa} \equiv 1 p_{\oplus}$
velká poloosa	1 AU
excentricita	0,017
sklon dráhy	$0^{\circ}$
sklon rotační osy	$23,45^{\circ}$
oběžná rychlost	$29,8 \text{ km/s}$
úniková rychlost	$11,2 \text{ km/s}$
tíhové zrychlení	$9,78 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	$3,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
rok objevu	—
objevitel	—

**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 0,38 milionů km; tj. 0,38 m na stezce.



# 5 PLANETÁRNÍ STEZKA

## Měsíc



Odvěrací strana Měsíce na složeném snímku kosmické sondy Clementine 1. © USGS

**Zajímavosti:** Měsíc obíhá kolem Země jako přirozená družice. V porovnání s ní je asi čtyřikrát menší. Protože jeho oběžná doba kolem Země je rovna době jedné otočky kolem osy, je k Zemi stále přivrácena jen jedna polokoule. Tento jev se nazývá *vázaná rotace* a je zptůsoben slapovými silami Země, které v minulosti původní rychlé otáčení zabrzdily.

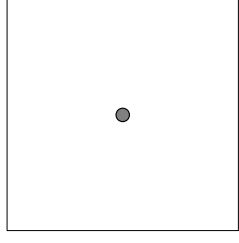
Podle současných poznatků vznikl Měsíc tak, že se „proto-Zemí“ srazilo těleso asi o velikosti Marsu, do okolí se uvolnilo velké množství úlomků, které buď dopadly zpět na Zem, nebo vytvořily prstenec a posléze Měsíc.

**Mytologický původ jména:** Řecký se Měsíc nazývá Seléné, latinsky Luna. Starořeckou měsíční bohyní byla i Artemis, bohyň lovu, dcera Apollóna.

Značka:



Průměr (3,5 mm):



vzdálenost od Země	384 400 km
rovníkový průměr	3 476 km
oběžná doba <sup>(3)</sup>	27,32 dne
rotační perioda	27,32 dne
hmotnost	$7,35 \cdot 10^{22}$ kg = $0,012 M_{\oplus}$
průměrná hustota	$3 340 \text{ kg/m}^3$
teplota na povrchu	$\sim 0^{\circ}\text{C}$
rozsah teplot	min. $-180^{\circ}\text{C}$ , max. $+110^{\circ}\text{C}$
geometrické albedo	0,12
chemické složení	jádro: Fe, FeS, plášť z křemičitanů (olivín, pyroxen), kůra (plagioklas)
složení atmosféry	—
tlak atmosféry	0
velká poloosa	0,0026 AU
excentricita	0,055
sklon dráhy	$5,1^{\circ}$
sklon rotační osy	$6,7^{\circ}$
oběžná rychlost	$1,0 \text{ km/s}$
úniková rychlost	$2,4 \text{ km/s}$
tíhové zrychlení	$1,62 \text{ m/s}^2$
magnetické pole	menší než $2 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
rok objevu	—
objevitel	—

<sup>(3)</sup> Oběžná doba i parametry dráhy. Měsíce jsou vztahované k Zemi, nikoli ke Slunci.

**Měřítka stezky je 1 : 1 miliardě.** Vzdálenost k dalšímu tělesu je 78,3 milionů km; tj. 78,3 m na stezce.

