



PLANETÁRNÍ GEOGRAFIE

Sluneční soustava



Sluneční soustava I.

- Vznik před **4,6–4,8 miliardami let** v důsledku zhuštění mezihvězdného plynu, tzv. sluneční pramlhoviny složené z vodíku, hélia a malého množství jiných prvků a prachu.

- Skládá se ze **Slunce**, z **planet**, z **trpasličích planet**, z **měsíců planet**, z **planetek**, z **komet** a **meteoroidů** a z **kosmického prachu** a **plynu**.

Sluneční soustava II.

- Sluneční soustava je uspořádána do čtyř částí:
 - **Slunce** – základní zdroj světla a tepla, obsahuje 99,85% hmoty celé sluneční soustavy.
 - **Planetární soustava** – zahrnuje 8 planet, prostírá se do vzdálenosti 50 AU (1 AU = 150 000 000 km, což je vzdálenost Země-Slunce).
 - **Kuiperův pás a rozptýlený disk** – obsahuje malé planetky a lemuje okraj planetární soustavy do vzdálenosti 1 000 AU – vnitřní část sluneční soustavy.
 - **Oortův oblak komet** – tvoří vnější kulový obal sluneční soustavy a je zásobárnou komet. Prostírá se do vzdálenosti 60 000 AU (1 ly) od Slunce.

Sluneční soustava III.

- Je členem velké hvězdné soustavy – **Galaxie (Mléčná dráha)**.
- Nachází se ve vzdálenosti 30 000 ly od jejího středu v **Rameni Oriona**.
- V důsledku galaktické rotace s okolními hvězdami směřuje k souhvězdí **Labutě** rychlostí 230 km s^{-1} .

Vznik sluneční soustavy I.

- Základem byl plyn a prach v **chladné mateřské globuli** o velikostech menších než 0,001 mm.
- Sluneční globule se pomalu otáčela a smršťovala vlastní gravitací – pravděpodobně tomu napomohl výbuch blízké supernovy – vznik **Praslunce**.
- Vnější část globule se zplošťovala do roviny její rotace a vytvořila **protoplanetární disk**.
- Postupným nabalováním materiálu a vzájemnými srážkami v protoplanetárním disku vznikaly **zárodky budoucích planet**.

Vznik sluneční soustavy II.

- Prachová zrnka srážkami postupně rostla do velikosti několika km – zárodky planet – **planetosimály**.
- Planetosimály se přitahují gravitační silou.
- Gravitační akrece vytvořila žhavé roztavené **protoplanety**.
- Teplo na roztavení dodávaly: dopadající planetosimály, smršťování, gravitační diferenciaci a vysoká radioaktivita uvnitř protoplanet.

Vznik sluneční soustavy III.

- Ve vnitřní části disku do vzdálenosti asi 700 mil. km zůstaly jen těžší prvky z nichž vznikly **terestrické planety** (Merkur, Venuše, Země a Mars).
- Materiál, který se **nestihl nabalit** na některé větší těleso byl **vymeten z vnitřku** budoucí sluneční soustavy slunečním větrem.
- Ve vnějších částech sluneční soustavy zůstaly lehčí prvky (především vodík a helium) a dovolily vzniknout obřím plynným planetám.
- Planety však zároveň nevznikaly přesně v místech kde se nacházejí. Z počítačových modelů vyplývá, že během vývoje sluneční soustavy jednotlivé planety významně migrovaly.

Vznik sluneční soustavy IV.

- Diferenciací klesly **těžké kovy** (Fe, Ni, Cr, Ir) **ke středu protoplanet, lehké** (Si, Al, Mg) **stoupaly k povrchu** – vznik dnešní stavby terestrických planet - těžké jádro ve středu obklopené pláštěm a pevná kůra z křemičitanů na povrchu.
- Poslední fáze vývoje protoplanet – **kosmické bombardování**.
- Ve **vnějších částech** disku zůstal nejen původní plyn s prachem (z nich vznikly jádra), ale byly tam přiváty plyny z vnitřní části disku.
- Vznik **obřích planet** – Jupiter, Saturn, Uran, Neptun – z helia, vodíku a ledů.
- V oblastech sluneční soustavy za planetou Neptun se zachoval materiál v původní podobě z doby formování soustavy.

Budoucnost sluneční soustavy

- Za méně než 5 mld. let se vodík v jádře Slunce, který je potřebný k termonukleární reakci vyčerpá.
- Ve Slunci se začnou projevovat nové procesy, Slunce se začne zvětšovat.
- Slunce se změní v rudého obra, pohltí Merkur, Venuši a zřejmě i zemi.

Modely sluneční soustavy

- Geocentrismus (Aristoteles, Klaudios Ptolemaios).
- Heliocentrismus (Mikuláš Koperník).
- Hybridní model (Tycho Brahe).

Co je to planeta? I.

- Planétés = tulák.
- Kongres Mezinárodní astronomické unie (IAU) v Praze v roce 2006 definoval pojmy:
 - Planeta,
 - trpasličí planeta,
 - malá tělesa sluneční soustavy.
- **Planeta** je nebeské těleso, které:
 - obíhá kolem Slunce,
 - má dostatečnou hmotnost na to, aby se zformovalo do přibližně kulatého tvaru,
 - má dostatečnou hmotnost na to, aby vyčistilo okolí své dráhy.
 - V současnosti 8 planet – Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun.

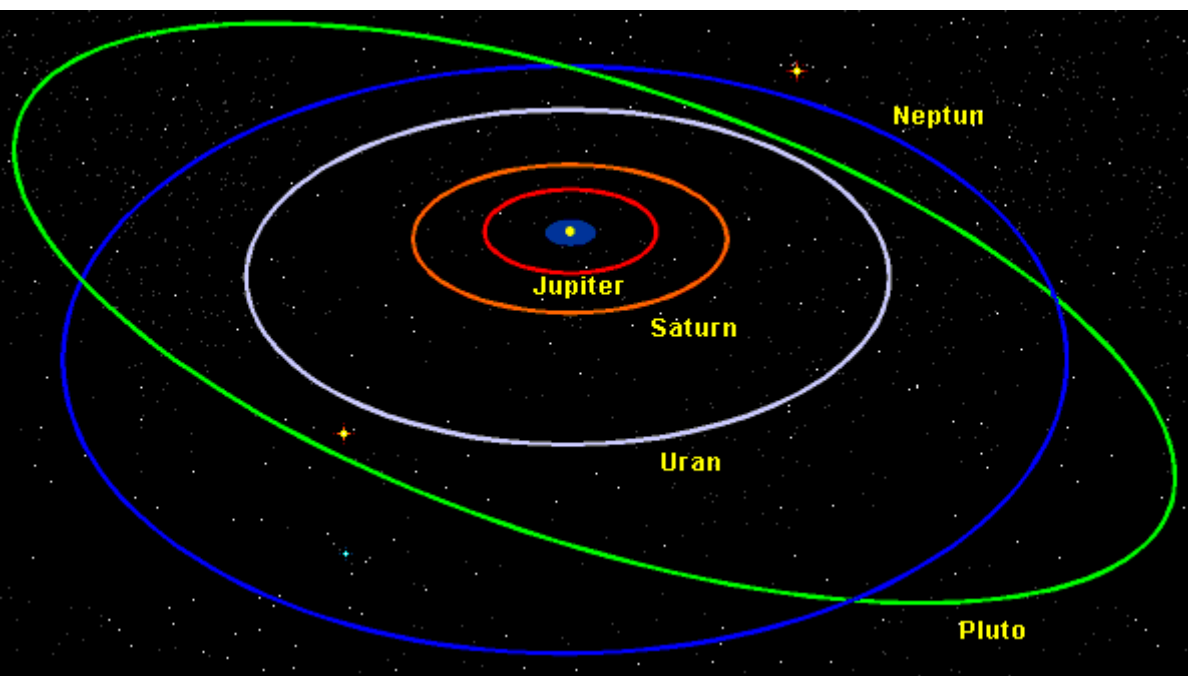
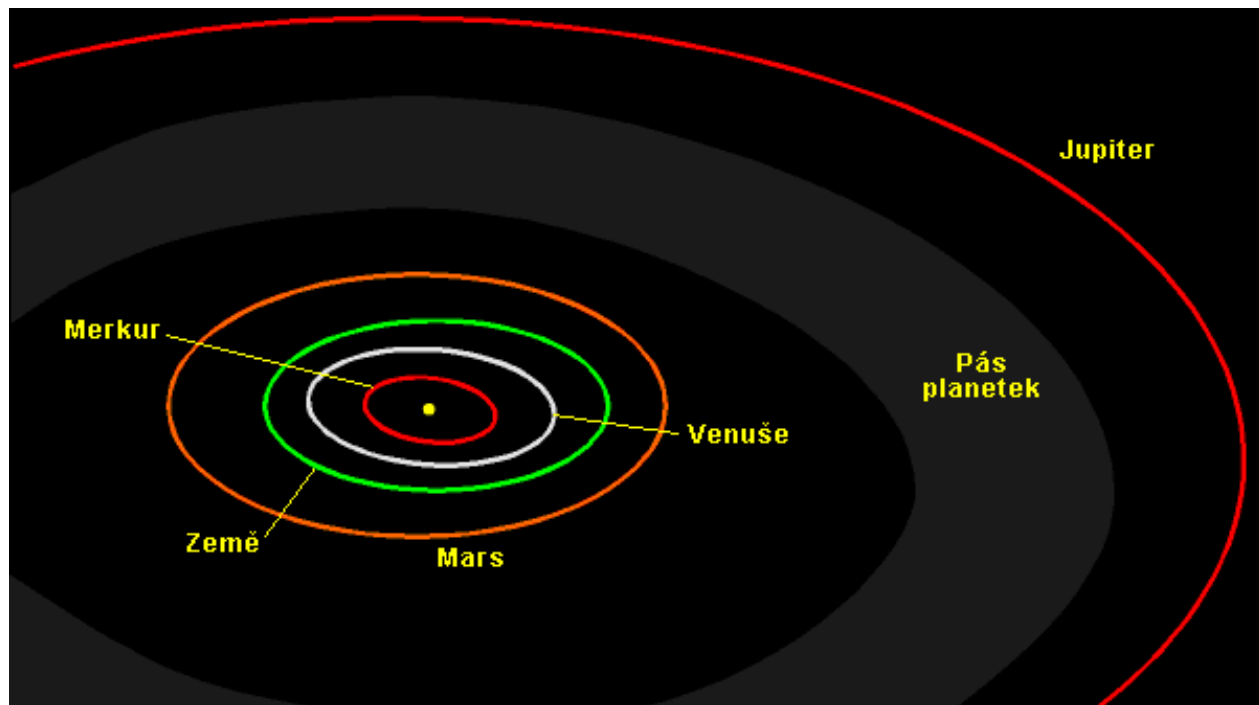
Co je to planeta? II.

- **Trpasličí planeta** je definována podobně.
- Její gravitace ovšem není dostatečná na vyčištění okolí svojí dráhy od menších těles. Trpasličí planeta navíc nesmí být satelitem jiného objektu.
- IAU v současnosti uznává 5 takovýchto těles– Pluto, Ceres, Eris, Haumea, Makemake. Je předpoklad, že další budou přibývat.
- Všechny další objekty (kromě satelitů) patří do skupiny malých těles Sluneční soustavy.











Dělení planet I.

- Podle hmotnosti:
 - **obří planety** – nízká hustota a velká hmotnost – převážně se skládají z lehkých prvků (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun),
 - **planety zemského typu** - svými rozměry, složením a hustotou se podobají naší Zemi (Merkur, Venuše, Země, Mars).
- Podle polohy vůči Zemi a Slunci:
 - **planety vnitřní** – planety uvnitř dráhy Země (Merkur, Venuše),
 - **planety vnější** – planety vně dráhy Země (Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun).
- Pluto – dříve zařazené mezi planety, od roku 2006 přeřazena mezi trpasličí planety.





Značení planet

- | | | | |
|----------|---|-----------|---|
| • Slunce |  | • Mars |  |
| • Měsíc |  | • Jupiter |  |
| • Merkur |  | • Saturn |  |
| • Venuše |  | • Uran |  |
| • Země |  | • Neptun |  |

Planety sluneční soustavy





Merkur

- **Nejbližší** planeta ke Slunci a také **nejmenší**,
- jeho velikost je asi třetinová oproti Zemi nebo je asi o polovinu větší než Měsíc,
- je menší než měsíce Ganymed a Titan,
- známý přinejmenším od časů starých Sumerů (3. tisíciletí př. n. l.),
- **obtížně pozorovatelný** pro malý průměr a malou vzdálenost od Slunce,
- můžeme ho pozorovat (i pouhým okem) jako jitřenku nebo večernici.

Merkur – základní charakteristiky

- Průměr = **4 878 km**.
- Vzdálenost od Slunce je **57 miliónů km**, tj. 0,387 AU.
- Oběžná doba je **87,9 dne**.
- Doba rotace činí **58,6 dne**.

- Poměr oběžné doby a doby rotace je 3 : 2 – jsou tedy ve vzájemné rezonanci.

- Merkur nemá žádné měsíce.

Merkur – atmosféra

- Velmi tenká a řídká atmosféra.
- Vzhledem k vysokým teplotám tyto atomy rychle unikají do vesmíru – atmosféra je proměnlivá.
- Tlak atmosféry je menší než 10 Pa (vyšší tlak má i „vakuum“ v běžné žárovce).
- Složená především z **kyslíku a sodíku, vodíku a helia** - helium pochází pravděpodobně ze slunečního větru, ostatní prvky jsou uvolňovány z povrchu fotoionizací dopadajícím slunečním zářením a také z doneseného meteorického materiálu.
- Atmosféra je tak řídká, že atomy plynů se v ní pohybují po balistických drahách a daleko častěji se srážejí s povrchem planety než samy mezi sebou.



Merkur – vnitřní struktura

- Teplota na povrchu Merkuru se pohybuje od -173°C do 520°C .
- Radarové mapování v letech 1991 - 1992 prokázalo v polárních oblastech led.
- Led se nachází na dně kráterů, které jsou trvale ve stínu.
- Vysoká hustota ($5,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^3$) svědčí o tom, že má **železné jádro** o poloměru 1800 – 1900 km a tvoří tak více než $2/3$ planety.
- Vnější křemičitý obal jádra (obdoba zemského pláště a kůry) je asi 500 – 600 km silná.

Merkur – povrch

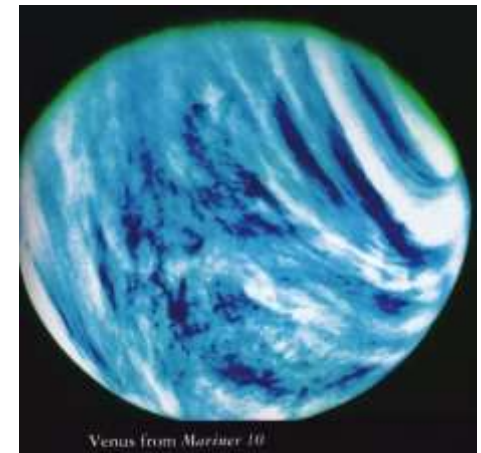
- Povrch Merkuru je pokryt krátery o průměru od 100 m do několika km.
- Krátery jsou pojmenovány podle známých vědců, umělců, např. je zde kráter Dvořák.
- Největší útvar je pánev **Caloris** o průměru 1350 km, která vznikla dopadem tělesa o průměru více než 100 km, dno pánve je vyplněno lávou.
- Kromě povrchu hustě pokrytého krátery jsou zde i poměrně hladké roviny.
- Některé jsou pozůstatkem dávné sopečné činnosti.

Merkur – oběžná dráha a magnetické pole

- Silně excentrická – nejvíce excentrická ze všech planet ve sluneční soustavě.
- Perihelium dráhy Merkuru se velice pomalu otáčí kolem Slunce – celou otočku vykoná za 2254 let – část pohybu způsobují ostatní planety.
- Část velkého jádra planety je pravděpodobně roztavená.
- Rotací této části pak vzniká velmi slabé magnetické pole planety (setinové oproti pozemskému).
- Merkur se stal cílem pouze dvou vesmírných sond – Mariner 10 a Messenger.

Venuše

- Ve starověku označována jako **Jitřenka** nebo **Večerka**:
 - Jitřenka – na ranní obloze,
 - Večerka – na večerní obloze.
- Venuši lze označit jako sestru Země – obě mají podobnou velikost, hustotu a objem.
- Zahalena hustou atmosférou „pod závojem“.
- Po Měsíci nejjasnější objekt na noční obloze – dáno vzdáleností – jde se o našeho nejbližšího planetárního souseda.



Venuše – základní charakteristiky

- Průměr planety = 12 104 km.
- Vzdálenost od Slunce 108 450 000 km, tj. 0,7 AU.
- Oběžná doba okolo Slunce je 224 dní.
- Doba rotace je 243 dnů (jediná planeta u které je doba rotace delší než oběžná doba).
- Rotace planety je zpětná, tj. rotuje proti směru pohybu.
- Nemá žádný měsíc.
- Je obklopena hustou atmosférou, takže dalekohledy nelze pozorovat povrch.

Venuše – atmosféra I.

- V atmosféře se nachází oxid uhličitý, oxid siřičitý a kyselina sírová, ale téměř žádné vodní páry.
- Na povrchu je atmosférický tlak 90 x větší než na Zemi.
- Vysoká koncentrace oxidu uhličitého je příčinou silného skleníkového efektu – sluneční paprsky procházejí skrze atmosféru, ale teplo, které se vytvoří jejich dopadem, již atmosféra ven nepustí.
- Venuše odráží pouhé 2 % slunečního světla.
- Povrchová teplota kolem 480° C – dále nastává postupné ochlazování ve vyšších vrstvách – ochlazování je relativně rovnoměrné a vlivem rychlých větrů jsou teploty atmosféry konstantní bez ohledu na souřadnicovou polohu.
- S přibývajícím výškou roste síla větru.
- Na povrch nedopadá přímý sluneční svit.

Venuše – atmosféra II.

- Planeta může obsahovat v horní atmosféře vhodné místo pro život – data ze sond naznačují že ve výšce 20 km v atmosféře Venuše je teplota zhruba 70° Celsia.
- Tlak odpovídá jedné atmosféře a atmosféra v těchto výškách obsahuje vodní kapičky.
- Bakterie by mohly jako energetický zdroj využívat ultrafialové záření ze Slunce.
- Atmosféra zde obsahuje sirovodík a oxid siřičitý, sirouhlík.

Venuše – vnitřní struktura a magnetické pole

- Struktura jádra – zda-li je tekuté, či již zcela zchladlo není v současnosti známa.
- Struktura pláště taktéž není známa.
- Vzhledem k podobnosti Venuše a Země, lze předpokládat analogickou strukturu i chemické složení jejího jádra a pláště (tak jako má Země).
- Má magnetické pole slabší a menší než pozemské.
- Na rozdíl od Země není magnetické pole Venuše indukované v jádře planety, ale v atmosféře při interakci ionosféry s částicemi slunečního větru.
- V současnosti není zcela známo, proč nemá Venuše dvojpólové magnetické pole generované jádrem planety.

Venuše – povrch

- Povrch je poměrně mladý a hladký – zhruba 10x mladší než povrch Merkuru nebo Měsíce,
- Povrch Venuše byl kompletně přetvořen před 300 až 500 milióny lety – pravděpodobně intenzivní sopečnou aktivitou.
- Nejméně 85% povrchu je pokryto sopečnými horninami.
- Nejvyšším pohořím jsou Maxwell Montes – přes 10 km.
- Povrch je poset více než 100 000 sopkami, z nichž některé mají průměr přes 100 km.
- Některé jevy svědčí o sopečné činnosti i v současné době.
- Průzkum sondami Veněra 1 (1961), Mariner 2 (1962) a Veněra 3 (1966).
- V současnosti u Venuše operuje sonda Venus Express.



Země

- Největší z planet zemského typu.
- 70 % planety je pokryto vodou.
- Jádro Země je bohaté na železo a nikl – Ni a Fe.
- Jádro obklopuje plášť a ten je obklopen zemskou kůrou.

- Atmosféra Země se skládá ze 78 % dusíku, 21 % kyslíku, 0,9% argonu, 0,03 % kysličníku uhličitého, zbytek tvoří vzácné plyny.

- Jediná planeta sluneční soustavy na které prokazatelně existuje život.

Země – základní charakteristiky

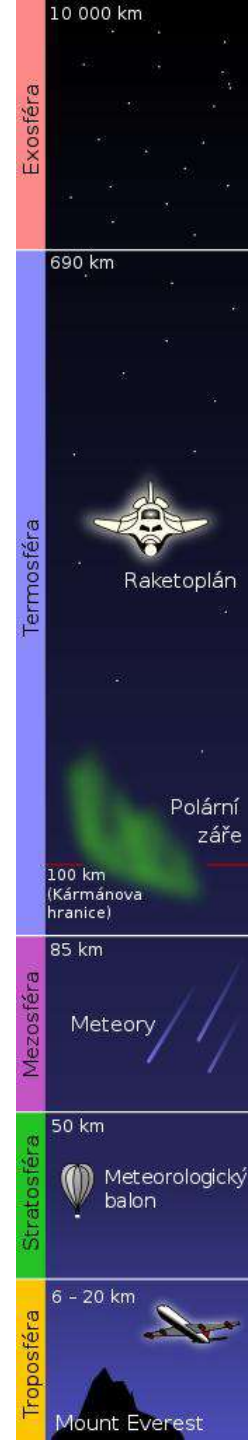
- Rovníkový průměr = 12 756 km.
- Polární průměr = 12 714 km.
- Perioda rotace okolo osy (rotační pohyb) = 23 h 56 min 04 s.
- Oběžná doba (revoluční pohyb) = 365,256 dne.
- Průměrná teplota 290 K (17°C).
- Vzdálenost od Slunce 150 000 000 km, tj. 1 AU.
- Země má jeden měsíc.

Země – vznik

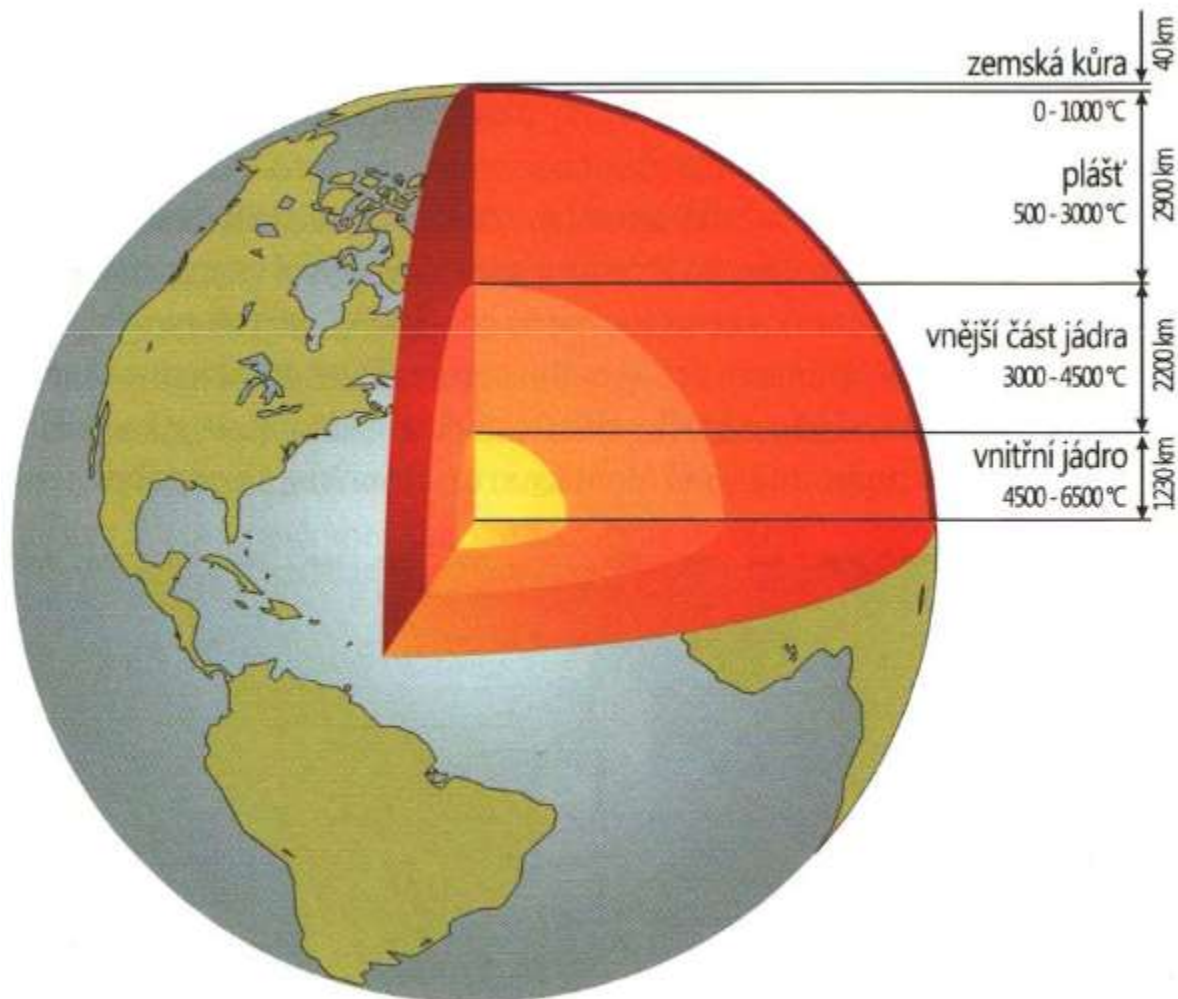
- Vznik formou srážek stále hmotnějších těles – vlivem velkých energií při nich uvolněných byla celá planeta roztavená.
- Jak Země postupně chladla (ustalo kosmické bombardování), začala kondenzovat voda a došlo k intenzivní tvorbě budoucích oceánů. Zároveň těžší prvky klesaly směrem ke středu planety (diferenciace nitra).

Země – atmosféra

- Základní rozdělení:
 - troposféra
 - stratosféra
 - mezosféra
 - termosféra
 - exosféra



Země – vnitřní struktura



Země – oběžná dráha

- Sklon zemské osy (přibližně $23,5^\circ$) vůči rovině oběhu má za následek střídání ročních období.
- V nejmenší vzdálenosti od Slunce se Země nachází v lednu (147 000 000 km).
- V největší vzdálenosti od Slunce se Země nachází v červenci (152 000 000 km).



Více o Zemi později

Mars – základní charakteristiky I.

- Rudá planeta.
- Po Měsíci a Venuši nejbližší těleso Zemi.
- Rovníkový průměr planety činí 6 787 km.
- Polární průměr planety činí 6 752 km.
- Doba rotace – 24 hod 37 min 23 sec.
- Oběžná doba 687 dnů.

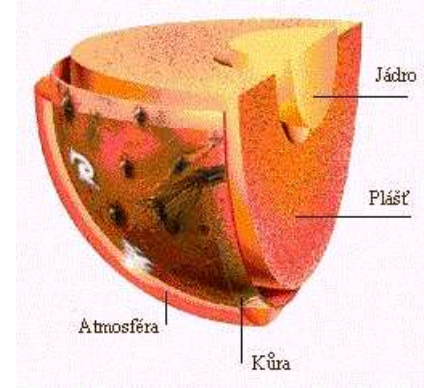


Mars – základní charakteristiky II.

- Vzdálenost od Slunce činí 222 000 000 km, tj. 1,5 AU.
- Vzdálenost od Země kolísá od 55 do 400 mil. Km.
- V nejmenší vzdálenosti od Země vždy po 16 letech – naposledy v roce 2003.
- Průměrná teplota na planetě Mars je -63°C .
- Maximální zaznamenanou teplotou je 20°C a naopak minimální je -140°C .
- Počet měsíců – 2 (Phobos a Deimos).

Mars – historie poznání

- Egypťané pravděpodobně jako první národ pochopili, že hvězdy mají na nebi pevnou polohu, pouze pět z nich tuto podmínku nesplňovalo.
- O Mars se v minulosti asi nejvíce zajímal dánský astronom Tycho de Brahe (1546–1601).
- Braheho student Johannes Kepler (1571–1630) zveřejnil v roce 1609 první dva zákony o pohybu planet ve spise *Astronomia Nova*.
- Zde také předložil novou revoluční hypotézu o tom, že Mars krouží okolo Slunce po eliptické dráze.
- Pravděpodobně nejslavnější pozorovatel byl Percival Lowell (1855–1916), když v roce 1895 vydal svoji knihu, jednoduše nazvanou *Mars*.



Mars – vnitřní struktura

- Kůra – hliník a křemík. Tloušťka se pohybuje v průměru od 32 km do 80 km. Na severní polokouli je tenčí než na jižní.
- Plášť – olivín a FeO. Plášť je silný okolo 1 500 až 2 000 km a je složen z křemičitých hornic a z toho vyplývá, že jeho průměrná hustota je okolo 3500 kg/m³.
- Jádro – FeS, nikl, železo – 7500 kg/m³. Přesné rozměry jádra nejsou přesně známé.

Mars – povrch

- Skalnatý nebo kamenitý, pokrytý prachem a dunami, četnými krátery, obrovskými sopkami, kaňony a vyschlými řečišti.
- Povrch utvářely tektonické síly, impakty meteoritů, sopečná činnost, tekoucí voda a prachové bouře.
- Severní polokoule – pokryta nižšími rovinami (1 až 2 km nad průměrnou úrovní) a je mnohem mladší a vývoj byl složitější.
- Jižní polokoule – velmi stará vysočina hustě pokrytá impaktními krátery (1 až 4 km nad průměrnou úrovní povrchu)
- Olympus Mons – nejvyšší sopka na Marsu (a v celé sluneční soustavě) vysoká téměř 25 km.
- Valles Marineris – gigantická brázda (obdoba kaňonu ve státě Colorado) dlouhá téměř 5 000 km, vznikla sopečnou činností při vydutí severní oblasti Tharsis.

Mars – atmosféra

- Velmi řídká a obsahuje 95 % oxidu uhličitého a dále dusík a argon – kyslík je zastoupen 0,13 %.
- Obsahuje velmi malé množství vodní páry (tisícina v porovnání se Zemí), přesto se zde vytváří oblačnost a dokonce „ranní mlha“.
- Mars měl původně hustou atmosféru, ale vlivem slábnoucího magnetického pole se tato atmosféra postupně ztenčovala – sluneční vítr ji „vytlačil“.
- Oxid uhličitý měl na Marsu podobný koloběh jako na Zemi – do atmosféry se dostával sopečnou aktivitou.
- Sopečná aktivita dosáhla svého vrcholu před 3,5 – 3 miliardami let. Poté se oxid uhličitý přestal vracet do atmosféry a planeta postupně začala chladnout.
- Na Marsu též vznikají silné prachové bouře.
- Obloha je žlutavá, při východu a západu Slunce červená – způsobeno jemným prachem, který obsahuje magnetit.

Mars – magnetické pole a sondy

- Slabé magnetické pole vytvářené jádrem planety.
- Toto pole také sahá do mnohem menší vzdálenosti od povrchu planety než u Země.
- Díky tomu může vysoko energetické záření od Slunce pronikat až na povrch planety.

- Průzkumné sondy – Mariner 4 (USA), Mars 2 a 3 (SSSR).
- V současnosti na Marsu operují např. sondy: Mars Express, Mars Reconnaissance Orbiter, Mars Odyssey – modul Opportunity, Phobos-Grunt + Yinghuo-1 nebo Mars Science Laboratory.

Mars – měsíce

- Phobos a Deimos (Strach a Hrůza).
- Objeveny roku 1877 (Asaph Hall).
- Byly zmiňovány v literatuře dávno před jejich objevením, např. Kepler se domníval, že má-li Země 1 měsíc a Jupiter 4, musí mít Mars 2, aby byl vesmír harmonicky vyrovnan.
- O dvou měsících psal i Jonathan Swift v Gulliverových cestách.

Jupiter

- Největší planeta sluneční soustavy.
- První obří planeta a druhá vnější planeta.
- 1000x větší než Země a 1000x menší než Slunce.
- Okolo Slunce obíhá ve vzdálenosti 5,2 AU – pátá planeta od Slunce.
- Oběžná doba činí 11,8 let.
- Průměrný poloměr činí 69 911 km.
- Zdánlivá hvězdná velikost $-2,4$ mag.
- Průměrná teplota je 90,6 K.
- Jde o planetu s největším počtem měsíců.
- Stejně jako Saturn má prstence, ale jsou velmi slabé a ze Země nepozorovatelné.



Jupiter – historie pozorování

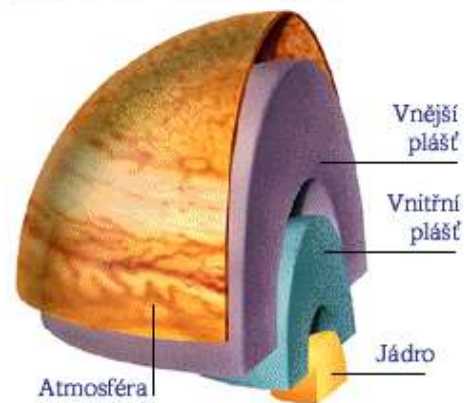
- První pozorování – patrně mezi roky 4000 až 3000 př. n. l.
- První písemný záznam o pozorování – 364 př. n.l. - čínský astronom Gan De.
- Jupiter má velké množství měsíců, velikost čtyř (Galileovské měsíce) z nich je srovnatelná s velikostí našeho Měsíce – ostatní jsou řádově menší. Galileo je objevil na začátku roku 1610 a pojmenoval je „Medicejské hvězdy“.
- Pojmenování těchto čtyř měsíců, tak jak je známe my (Io, Europa, Ganymedes a Callisto) zavedl Simon Marius, který objevil tyto měsíce nezávisle na Galileovi.

Jupiter – vnitřní struktura I.

- Ve středu planety malé jádro složené ze silikátů a železa o poloměru 10 000 km a teplotě 30 000 K.
- Tlak v jádře je několik miliónů atmosfér.
- Nad jádrem se nachází tlustá vrstva složená převážně z vodíku. Ta tvoří rozhodující část objemu i hmoty Jupiteru. Vodík je rozdělen do dvou dílčích vrstev, přičemž v obou je kapalný.
- Spodní vrstva sahá od jádra do vzdálenosti 46 000 km od středu planety a skládá se z kovového kapalného vodíku – vnitřní plášť.
- Druhá vodíková vrstva sahá do vzdálenosti 70 000 km od středu planety. Její hlavní složkou je kapalný molekulární vodík – vnější plášť.

Jupiter – vnitřní struktura II.

Vrstva	Tloušťka	Složení
Atmosféra	1 000 km	plynný vodík a helium
Vnější plášť	22 500 km	tekutý vodík
Vnitřní plášť	33 000 km	tekutý kovový vodík
Poloměr jádra	14 000 km	hornina



Jupiter – atmosféra

- Přímému pozorování jsou přístupny jen vnější části plynného obalu.
- Oblaky obsahují amoniak, methan, vodní sníh, oxid uhelnatý, fosfan.
- Rovnoběžně s rovníkem vidíme světlé (pásma, zóny – stoupavé proudy, které se rozpínají a ochlazují) a tmavé (pásky, pruhy – sestupující proudy, které houstnou a zahřívají se) oblasti. V průběhu let se pomalu mění uspořádání i barvy pásů a pásem, ale základní struktura je dlouhodobě stálá.
- Rovníkové pruhy se otočí jednou za 9h 50min, otočka polárních kruhů trvá o 5min déle. Rychlá rotace i vítr o rychlosti až 400 km/h způsobuje stahování mračen do horizontálních pásů.

Jupiter – magnetické pole

- V důsledku rychlé rotace planety tečou v tekutém kovovém vodíku mohutné elektrické proudy – zdroj intenzivního magnetického pole a velmi rozsáhlé magnetosféry.
- Magnetické pole Jupitera je asi 20 000x silnější než magnetické pole Země.
- Vyskytuje se polární záře.
- Sondy Pioneer 10 a 11, sondy Voyager 1 a 2.

Jupiter – prstenec

- Jednoduchý prstenec, který je složený z:
 - *vnitřního halového prstence* – rozprostírá se ve vzdálenosti 92 000 km až 122 500 km od středu Jupitera, tvořen jemnými částicemi prachu.
 - *hlavního prstence* – nejjasnější z celé struktury prstenců a rozprostírá se od okraje halo do vzdálenosti 128 940 km, skoro ke vnitřní dráze měsíce Adrastea.
 - *pavučinového prstence* – dva nejasné prstence (Amalthea a Thebe).

Jupiter – měsíce

- Známo je 67 měsíců.
- Podle vlastností můžeme 16 největších měsíců rozdělit do 4 skupin:
 - a) Galileovy měsíce (Io, Europa, Ganymed a Callisto) objeveny v roce 1610.
 - b) Měsíce obíhající uvnitř dráhy měsíce Io – jedná se o měsíce Amalthea, Thebe, Adrastea, Ametis. Měsíc Amaltheu objevila sonda Voyager v roce 1979, ostatní objevila sonda Galileo.
 - c) Měsíce ve vzdálenostech 11 – 12 mil. km. Jedná se o měsíce Leda, Himalia, Lysithea a Elara. Obíhají okolo planety jednou za osm měsíců.
 - d) Měsíce ve vzdálenostech 21 – 24 mil. km. Jedná se o měsíce Ananke, Carme, Pasiphae a Sinope. Jejich oběh je ovlivňován gravitací Slunce, planetu oběhnou jednou za dva roky.
- Ostatní měsíce mají velikost 5–10 km.

Saturn

- „Nejkrásnější” planeta sluneční soustavy.
- Druhá největší planeta (asi 10x větší než Země) a zároveň šestá v pořadí od Slunce.
- Průměrný poloměr: 58 232 km.
- Vzdálenost od Slunce: 9,5 AU.
- Doba oběhu: 29,4 roku.
- Doba rotace: 10 h 36 min.
- Průměrná teplota: 130 K.
- Sklon rovníku k oběžné dráze: 26,7°.
- Díky rychlé rotaci je Saturn podobně jako Jupiter na pólech zploštělý.



Saturn – vnitřní struktura

- Tvořen 75% vodíku a 25% helia s příměsí dalších prvků a sloučenin.
- Se vzrůstající hloubkou roste tlak a teplota.
- Vrstvy:
 - jádro – tvořeno směsí hornin a ledu. Jeho teplota dosahuje 12 000 K a tlak je zde zhruba 100 000 krát větší než na Zemi,
 - vrstva kovového vodíku,
 - vrstva kapalného molekulárního vodíku,
 - atmosféra.

Saturn – atmosféra

- Složena převážně z vodíku a helia. Dále obsahuje příměsi čpavku, metanu a dalších sloučenin.
- V horních vrstvách atmosféry se vyskytuje krystalický amoniak a vodní led.
- Helia je v atmosféře relativně málo. Vzhledem k vyšší hustotě klesá do nitra planety.
- V atmosféře vanou západní větry o rychlosti až 1800 km/h. Tyto větry se podílejí na vzniku pásů oblaků, které ale nejsou tak výrazné jako na Jupiteru.
- Barva atmosféry je žlutá až modrá.
- Vyskytují se světlé skvrny, jež se podobají tlakovým nížím na Zemi.
- Vzhledem k naklonění rotační osy dochází ke střídání ročních období – střídá se zde léto a zima. Jendo roční období trvá zhruba 15 let.

Saturn – magnetické pole

- Nejslabší ze všech obřích planet.
- Magnetické póly se takřka shodují s póly zeměpisnými.
- Z přítomnosti magnetosféry vyplývá i přítomnost radiačních pásů.
- Na Saturnu se též vyskytují polární záře.

- Sondy Pioneer 11, sondy Voyager 1 a 2.
- Nejvýznamnějším zdrojem dat o Saturnu je pak mise Cassini – Huygens, což je společná mise NASA a ESA.
- Sonda Cassini je největší a nejdražší sondou v dějinách.
- Na oběžné dráze sonda Cassini působí od roku 2004 dodnes.

Saturn – prstenec

- Největší a nejjasnější prstence ze všech planet sluneční soustavy.
- Průměr prstenců činí cca 250 000 km.
- Tloušťka dosahuje pouze několik stovek metrů. Jsou tedy velmi tenké.
- Struktura prstenců proto připomíná velkou gramofonovou desku.
- Celková hmotnost prstenců se přibližně rovná 1 % hmotnosti Měsíce.

Jméno	Vzdálenost od středu Saturnu (km)	Oběžná doba (hod.)
D-prstenec	67 000	4,9
C-prstenec	73 200	5,6
B-prstenec	92 200	7,9
Cassiniho dělení	119 000	11,7
A-prstenec	121 000	11,9
Enckeovo dělení	133 500	13,8
F-prstenec	140 600	14,9
G-prstenec	170 000	19,9
E-prstenec	230 000	31,3

Saturn – měsíce

- Známo je 62 měsíců.
- Rozlišuje se několik rodin měsíců Saturnu:
 - pastýřské měsíce – gravitace ovlivňuje tvar a velikost prstenců,
 - rodina vnitřních měsíců (Mimas, Enceladus, Tethys a Dione),
 - rodina vnějších měsíců (Rhea, Hyperion, Titan a Iapetus).
 - rodina Inuitů, Norů a Galů – malé měsíce, patrně zachycené asteroidy.



Saturn – Titan

- Objeven v roce 1655 Christianem Huygensem.
- Jde se o největší Saturnův měsíc. Je větší než planeta Merkur. Celkově se jedná o druhý největší měsíc ve Sluneční soustavě.
- Má hustou atmosféru tvořenou z 95% dusíkem.
- Nitro tvoří ze 60% silikáty, zbytek připadá na led.
- Povrch je zakryt mlžným závojem a tvoří jej pouště, hory, kaňony, jeskyně, řečiště a jezera.
- V atmosféře vanou větry až rychlostí 700 km/h a je celkově velmi turbulentní.
- Povrchová teplota dosahuje hodnoty 90 K.

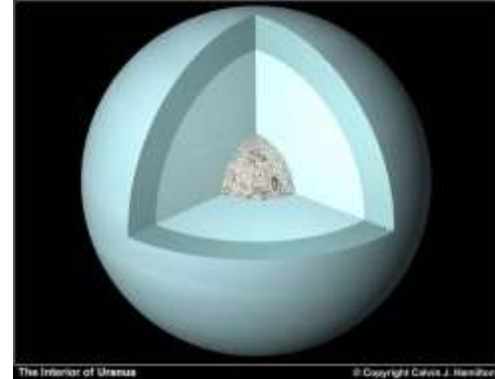
Uran

- První planeta objevená dalekohledem (13.3. 1781 William Herschel).
- Jméno má po řeckém bohu Uranovi – bohu nebes.
- Lze pozorovat pouhým okem.
- Vzdálenost od Slunce: 19,18 AU.
- Oběžná doba: 84 roků.
- Sklon rovníku k dráze: $97,86^\circ$.
- Doba rotace: 17,24 hod.
- Poloměr: 25 362 km (4x větší než Země).
- Hvězdná velikost Uranu se pohybuje za příznivých podmínek kolem 5,5 magnitudy.



Uran – historie

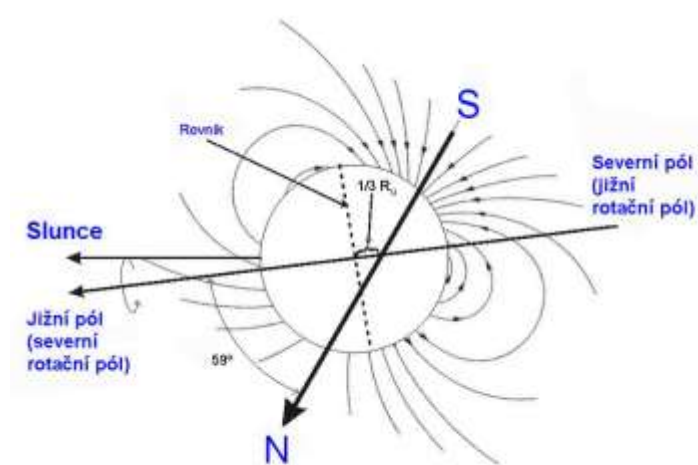
- Zaznamenan na několika mapách z období 1690–1780.
- Záznamy z těchto map pak zpětně posloužily k výpočtu dráhy.
- Herschel nově objevenou planetu pojmenoval původně Georgium Sidus (Hvězda krále Jiřího) na počest anglického krále Jiřího III.
- Pojmenování Uran se plně prosadilo až kolem roku 1825.



Uran – vnitřní struktura

- Uran nemá výrazně diferencované kamenné jádro jako Jupiter a Saturn, ale jeho materiál je víceméně rovnoměrně rozložen.
- Nevyzařuje do okolí skoro žádnou energii navíc.
- Nejmenší zaznamenaná teplota -220°C v tropopauze dělá z Uranu nejchladnější planetu ve sluneční soustavě!
- Tři oddělené vrstvy:
 - Kamenné jádro ve středu planety – relativně malé s poloměrem 20 % velikosti Uranu, hustota okolo 9 g/cm^3 , tlak zde dosahuje 8 miliónů barů (800 GPa) a teplota se pohybuje okolo 5000 K.
 - Ledový plášť (60 % velikosti planety) – hustá tekutá kapalina tvořená vodou, čpavkem a dalšími lehkými látkami, silně elektricky vodivá.
 - Plynný obal (20 % velikosti planety).

Uran – sklon rotační osy



- Sklon rovníku Uranu k rovině jeho dráhy o $97,86^\circ$, takže je rotace planety retrogradní.
- Během Uranovo roku svítí Slunce střídavě na severní a jižní pól. Den na pólu tedy trvá 42 let a noc taktéž 42 let.
- Taktéž prstence společně s měsíci také obíhají v rovině Uranovo rovníku.
- Příčina rotace není známá.
- Může to být hustá atmosféra, která kvůli sklonu osy rotace cirkuluje zvláštním způsobem nebo dočasná přítomnost velkého měsíce.

Uran – atmosféra

- Kvůli velkému sklonu rotační osy přijímají polární oblasti od Slunce mnohem více energie než rovníkové oblasti.
- Přesto je teplota v oblasti rovníku stejná jako na pólech.
- Na Uranu vane vítr rychlostí až **900 km/h**.
- V atmosféře Uranu se vyskytují světlá a tmavá mračna.
- Jižní polokoule je světlejší a severní tmavší.
- Tvoří ji převážně **plynné formy vodíku a hélia**, ale obsahuje i výrazný podíl vody, čpavku či metanu se stopami uhlovodíků.
- Modrozelená barva je způsobena absorpcí červeného světla jeho metanovou atmosférou.

Uran – magnetické pole

- Asymetrické, vlivem výrazného rozdílu mezi osou rotace a magnetickou osou.
- Na jižní polokouli může síla magnetického pole asi 100 krát slabší než na severní polokouli.

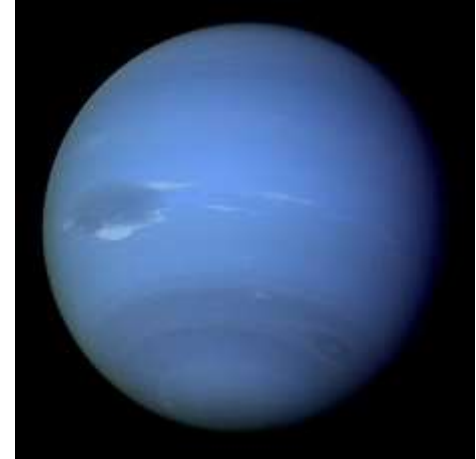
- Uran byl v historii zkoumán pro svojí velkou vzdálenost od Slunce pouze jedinou planetární sondou – Voyager 2.
- Nejbližší přiblížení k Uranu nastalo 24. ledna 1986, kdy se sonda nacházela 81 500 km nad horní vrstvou Uranovy atmosféry.

Uran – prstence

- Objeveny byly 10. 3. 1977 při pozorování zákrytu hvězdy Uranem.
- V současnosti známe celkem 13 prstenců.
- Leží v rovině Uranova rovníku a jsou velmi tmavé a tenké.
- Nejjasnější je vnější prstenec Epsilon.
- Prstence gravitačně ovlivňují tzv. pastýřské měsíce (např. Cordelia či Ophelia), jež obíhají uvnitř soustavy prstenců.

Uran – měsíce

- 27 dosud známých měsíců.
- Uranovy měsíce mají svá jména z děl Shakespeara a Popeho (Titania, Oberon, Miranda, Ariel nebo Umbriel).
- 3 skupiny Uranových měsíců:
 - vnitřní měsíce s pravidelnými drahami – 11 malých velmi tmavých vnitřních měsíců,
 - vnější měsíce s pravidelnými drahami – Ariel, Umbriel, Titania, Oberon,
 - vzdálené měsíce s nepravidelnými drahami – pravděpodobně zachycená transneptunická tělesa.

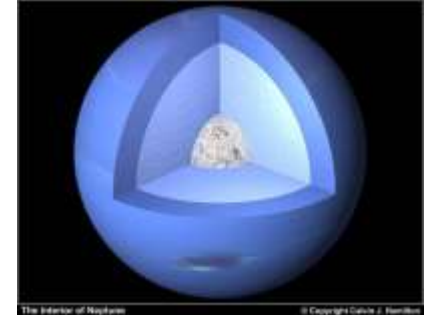


Neptun

- Poslední a nejvzdálenější planeta sluneční soustavy.
- Průměrný poloměr – 24 624 km.
- Vzdálenost od Slunce – 30 AU.
- Oběžná doba – 164 roků.
- Průměrná teplota – 58 K.
- Doba rotace – 16 hodin.
- Největší jasnost – 7,8 mag.
- Z obřích planet je nejhustší – o 64% těžší, než kdyby byl z vody.
- Na povrch planety dopadá 1000x méně sluneční energie než na Zemi.

Neptun – historie

- Poprvé pozorován v prosinci 1612 a v lednu 1613 G. Galileem – označen však za hvězdu.
- Počátkem 19. století francouzský astronom Alexis Bouvard publikoval podrobné tabulky poloh Jupiteru, Saturnu a Uranu.
- Objeven 23.9. 1846 na vypočteném místě Gallem na berlínské hvězdárně – na základě výpočtu Le Verriera.



Neptun – vnitřní struktura

- Centrální část nitra planety (2/3 poloměru) je složena postupně od středu z kamenného jádra, ledu, tekutého čpavku a metanu.
- Kamenné jádro je asi složeninou železa, niklu a silikátů.
- Vnější část, zhruba třetina, je směsí horkých plynů - vodíku, hélia, vody a metanu.
- Metan dává Neptunu charakteristickou modrou barvu.
- Teplota svrchních vrstev atmosféry je velmi nízká – zhruba -220°C .
- V plášti, kde se nachází přehřátý plyn, se teplota pohybuje v rozmezí 1730 až 4730°C .
- Na jednotku plochy dostává $900x$ méně sluneční energie než Země.
- Zajímavostí však je, že vyzařuje $2,7$ krát více energie, než přijímá.

Neptun – atmosféra I.

- Výrazné změny atmosféry.
- Lze zde najít masivní bouře i divoké větry dosahující rychlostí přes 2000 km/h.
- Atmosféra též podléhá změnám ročních období (obdobné jako na Zemi).
- Vzhledem k době oběhu planety budou jednotlivá roční období trvat zhruba 40 let.
- Teorii o střídání ročních období podporuje skutečnost, že rotační osa planety je skloněná o 29° .
- Atmosféra Neptunu zabírá nejspíše 5–10 % celkové hmotnosti planety a rozkládá se do hloubky 10 až 20 % planetárního poloměru.
- V horních vrstvách je složena převážně z vodíku (80 %) a hélia (19 %).

Neptun – atmosféra II.

- Mraky různé výšky jsou v ní unášeny rychlostí více než 1000 km/h (v okolí Velké tmavé skvrny až 2000 km/h – jde o nejvyšší zjištěnou rychlost ve sluneční soustavě).
- Většina větrů, které na planetě vanou, se pohybuje západním směrem souběžně s rovníkem, a tedy proti rotaci planety.
- Větry jsou soustředěny do pásů.
- Velká tmavá skvrna – atmosférický útvar na jižní polokouli. Nejspíš to byl obrovský vír, otáčející se rychlostí více než 600 km/h
- V největší výšce obrovskou rychlostí prolétají malé jasné obláčky, o kterých se soudí, že jsou tvořeny ledovými krystaly metanu.

Neptun – magnetické pole

- Sklon osy je 47° vzhledem k rotační ose a osa je posunutá od středu o 0,55 poloměru planety (přibližně o 13 000 km).
- Nitro planety musí být tedy částečně kapalné a elektricky vodivé.
- Magnetické pole Neptunu je 27 krát větší než magnetické pole Země.

Neptun – prstence

- Počet prstenců: 6.
- Pojmenovány po vědcích, kteří přispěli k poznání Neptunu (např. Le Verrier, Adams, Galle, Arrest).
- Délka oblouků je různá, od 1 000 do 10 000 km.
- Oblouky jsou nepravidelné a lze v nich vidět stovky km dlouhé chomáče částic.
- Neptunovy prstence obsahují 100x více prachu než prstence ostatních obřích planet.
- Průzkum – sonda Voyager 2.

Neptun – měsíce

- Známých je 14 měsíců.
- Největší měsíc Triton byl objeven 10. 10. 1846.
- Druhý měsíc Nereida byl objeven až v roce 1949.
- Proteus byl objeven v srpnu 1989.
- Některé měsíce byly objeveny až v letech 2002 a 2003.

- Předpokládá se, že některé měsíce Neptunu, např. Triton, jsou tělesa, která původně vznikla v jiné části sluneční soustavy – jako nejpravděpodobnější se jeví oblast Kuiperova pásu.

Planetky ve sluneční soustavě

- **Planetky (asteroidy)** jsou shluky skal o velikostech desítek metrů až stovek kilometrů, které obíhají kolem Slunce většinou po drahách podobných planetárním.
- Nejvíce z pozorovaných planetek se nachází mezi drahami Marsu a Jupiteru, v poslední době jsou však objevovány i větší planetky za dráhou Neptunu.
- Existuje samozřejmě mnoho kategorií planetek a ty se liší svými vlastnostmi, velikostí a oběžnou dráhou.
- IAU stanovila několik nových pojmů:
 - *Plutoid* je trpasličí planeta, která obíhá Slunce za dráhou Neptuna.
 - *Transneptunické objekty* – tělesa obíhající za dráhou planety Neptun.

Trpasličí planety I.

- Pojem "trpasličí planety" byl přijat v roce 2006 jako jedna z trojice klasifikací těles obíhajících okolo Slunce.
- V současnou dobu známe pět trpasličích planet: *Ceres*, *Pluto*, *Eris*, *Haumea* a *Makemake*.



Trpasličí planety II.

▪ *Pluto*

- Objeven 18. 2.1930.
- Oběžná doba okolo Slunce: 247,7 roků.
- Doba rotace: 153,29 hod.
- Povrchová teplota: 43 K.
- Jasnost: 14 mag.
- Pravděpodobné složení – 70 % směs křemičitanů a 30 % ledů.

▪ *Ceres*

- Těleso bylo objeveno 1. 1.1801.
- Vzdálenost od Slunce: 2,6 AU.
- Doba oběhu kolem Slunce: 4,6 roku.
- Doba rotace: 9 h.
- Průměr: 950 km.
- Těleso má téměř kruhový tvar.

Trpasličí planety III.

▪ *Eris*

- Objevena v roce 2005.
- Doba oběhu: 557 let.
- Perihelium: 38 AU.
- Afelium: 97 AU.
- Průměr cca 2500 km.

▪ *Haumea*

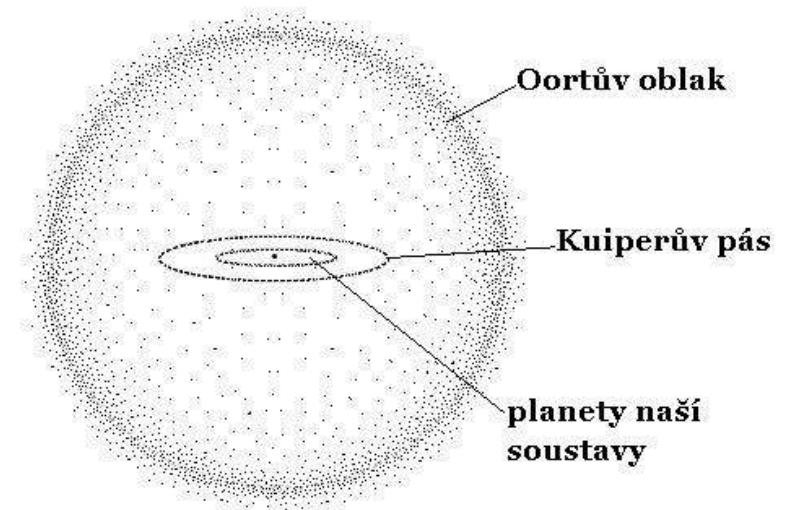
- Doba oběhu: 283 let.
- Perihelium: 35 AU.
- Afelium: 52 AU.
- Elipsovitého tvaru (2km x 1,5km x 1km) a je pokrytá krystalickým vodním ledem.
- Povrchová teplota: -50 K.

▪ *Makemake*

- Objevena v roce 2005.
- Doba oběhu: 310 let.
- Perihelium: 39 AU.
- Afelium: 53 AU.
- Povrchová teplota: -30 K.
- Průměr cca 2 km.

Transneptunické objekty

- ***Kuiperův pás*** – oblast ve sluneční soustavě, která se nachází za dráhou Neptuna ve vzdálenosti 30 až 50 AU od Slunce.
- ***Rozptýlený disk*** – pás těles, který sahá do větších ekliptikálních šířek, než Kuiperův pás.
- ***Oortův oblak*** – kulovitý oblak těles na okraji naší sluneční soustavy. Jde o pozůstatek původní planetární mlhoviny, ze které se zformovala naše sluneční soustava.



Kuiperův pás

- Vnější hranice Kuiperova pásu leží přibližně ve vzdálenosti kolem 50 AU od Slunce.
- V této oblasti přechází do rozptýleného disku.
- Na základě optických pozorování se předpokládá, že se v Kuiperově pásu nachází kolem 70 tisíc objektů větších než 100 km.
- Objekty Kuiperova pásu jsou převážně tvořeny směsí ledů.

Rozptýlený disk

- První tělesa byla objevena v 90. letech.
- Chemické složení a vlastnosti se výrazně neliší od těles Kuiperova pásu. Opět se jedná o pozůstatky po formování sluneční soustavy.
- Planeta Neptun gravitačně ovlivňuje jejich dráhu.

Oortův oblak

- Název po dánském astronomovi Janu Hendriku Oortovi, který hypotézu o jeho existenci poprvé zveřejnil v roce 1950.
- Objekty v Oortově oblaku se skládají převážně ze zmrzlé vody, amoniaku a metanu.
- Počet objektů se odhaduje na 1 bilion.
- Jde však o velmi malá tělesa až na výjimky ne větší než desítky km. Jejich celková hmotnost se odhaduje na 100 hmotností Země.
- Jako vnitřní hranice Oortova oblaku se považuje vzdálenost 2 000 AU.
- Největší část hmoty jeho objektů je soustředěna ve vzdálenosti asi 50 000 AU.
- Na objekty Oortova oblaku mají výrazný vliv okolní hvězdy.

Nové objevy v roce 2017

- Observatoř Mt. Lemmon Survey (MLS) v Arizoně objevila 21. února 2017 blízkozemní těleso, které 23. února 2017 ve 22:08 SEČ těsně minula Zemí na vzdálenost 138 416 km.

(<http://nasvesmir.cz/2017/02/23/ve-vzdalenosti-138-416-km-mine-zemi-mala-planetka/>)

- Astronomové objevili soustavu se sedmi planetami ležící jen 40 AU od Slunce. Všechny planety – označené podle vzrůstající vzdálenosti od mateřské hvězdy TRAPPIST-1b, c, d, e, f, g, h – jsou svou velikostí srovnatelné se Zemí. Hmotností jen asi 8 % Slunce.

(<http://nasvesmir.cz/2017/02/22/mimoradne-chladny-cervený-trpaslik-a-sedm-jeho-planet/>)

