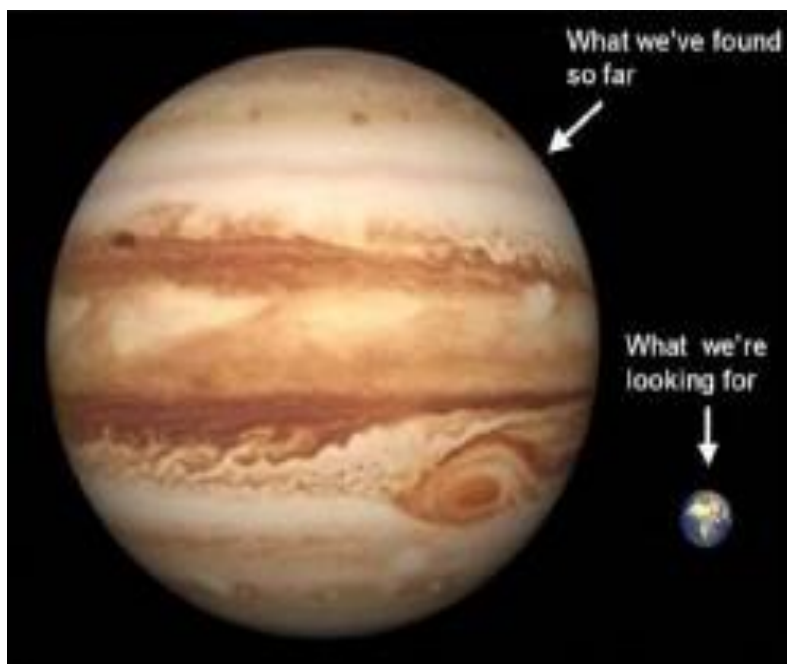
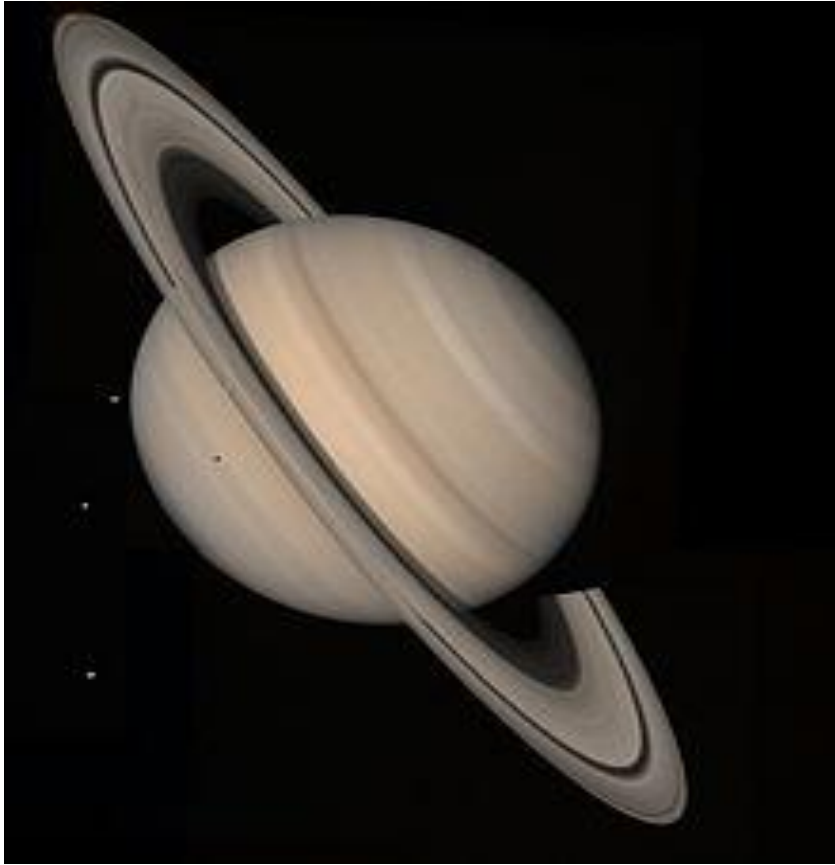
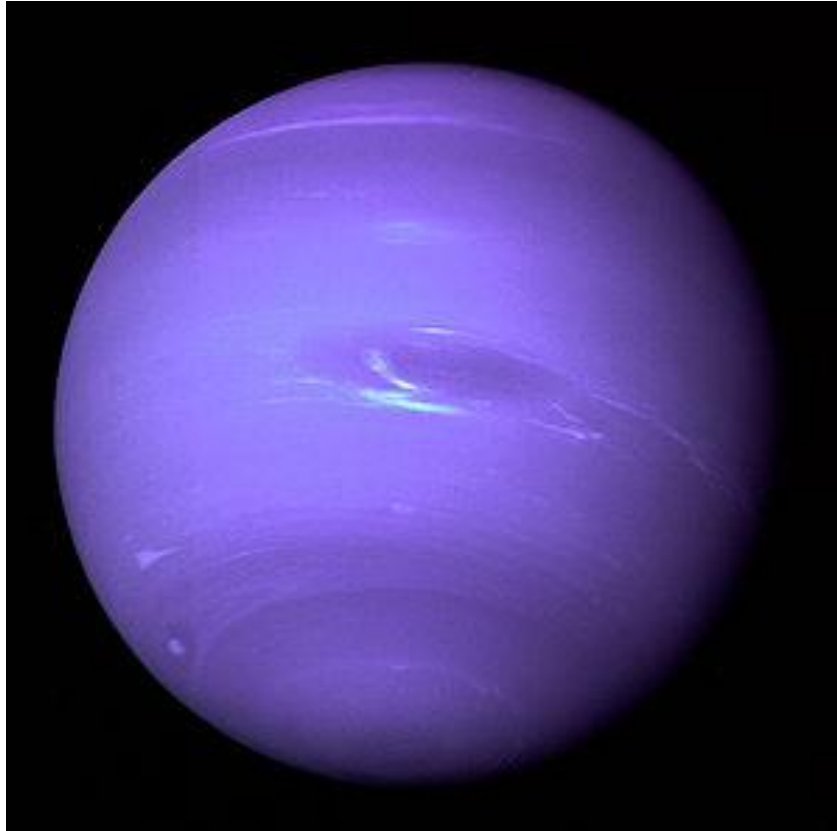


# SLNEČNÁ SÚSTAVA, NÁŠ DOMOV III. – JOVIÁNSKE PLANÉTY

**1. Spoločné vlastnosti joviánskych planét:** Prísne vzaté, mali by sme tu hovoriť len o dvoch joviánskych planétach – Jupiteri a Saturne – ktoré majú veľa spoločných vlastností. Na druhej strane, majú aj niekoľko spoločných vlastností s Uránom a Neptúnom, preto ich tu provizórne zaradíme do jednej skupiny. Pre všetky tieto štyri planéty napríklad platí, že sú v porovnaní s terestrickými planétami **obrovské**, niekoľko desiatok až stokrát väčšie ako Zem. Okrem toho sa z veľkej časti skladajú z **vodíka a hélia**, najmä v tekutom stave, zatiaľ čo ich **veľká hmotnosť** určite výrazne prispela k tomu, že okolo nich **obieha veľa mesiacov**, vrátane niekoľkých naozaj veľkých, pričom pri niektorých z týchto mesiacov **sa dokonca nedá vylúčiť existencia života**. A nakoniec – keďže sa nachádzajú pomerne ďaleko od Slnka – teploty na ich povrchu **sú mimoriadne nízke**, čo ale neplatí pre ich podľa všetkého kamenné jadrá o hmotnosti niekoľkých Zemí, ktoré sú vďaka gravitačnému tlaku zohriate na **pomerne vysoké teploty**, pri Jupiteri sa napríklad uvádza až 20 000 K. V dôsledku toho tieto planéty **vyžarujú energiu do okolitého prostredia**, aj keď je pravda, že ich vnútorné teplo zďaleka nestačí na to, aby spustilo termonukleárne reakcie ako v Slnku. Známe sú aj **svojimi krásnymi prstencami**, čo platí najmä o Saturne.







**2. Jupiter:** Najprv najzákladnejšie informácie z Wikipédie: je **piata** planéta v poradí od Slnka, **najväčšia a najhmotnejšia** planéta našej slnečnej sústavy. Je pomenovaný po rímskom bohovi Jupiterovi. Symbolom planéty je štylizované znázornenie Jupiterovho božského blesku (vUnicode: ♃). Jupiter má chemické zloženie **podobné Slnku a ďalším hviezdám**. Líši sa od nich najmä nízkou hmotnosťou, ktorá **nestačí na vytvorenie podmienok pre termojadrové reakcie** prebiehajúce vo všetkých hviezdach. Neexistuje presná definícia odlišujúca veľké hmotné planéty ako Jupiter od hnedých trpaslíkov, v každom prípade by Jupiter potreboval byť **aspoň 80-krát hmotnejší**, aby sa mohol stať hviezdou. Planéty podobné hmotnosťou, rozmermi a zložením Jupiteru sa nazývajú **joviánske**. Jupiter je prvou planétou od Slnka, ktorá **nemá pevný povrch**. Jeho búrlivá atmosféra plynule prechádza do plášťa a vo väčších hĺbkach do horúceho jadra. Rotácia planéty spôsobila, že sa v jej atmosfére utvorili gigantické, farebne jasne odlišené štruktúry nazývané pásy a zóny. Okrem nich možno už malým ďalekohľadom pozorovať na Jupiteri ďalšie búrkové štruktúry, napríklad **známu Veľkú červenú škvrnu**, ktorá je z nich najväčšia. Jupiter sa okolo svojej osi otočí **najrýchlejšie** zo všetkých planét Slnečnej sústavy (otočenie netrvá ani 10 hodín). Planéta má doteraz najväčšiu sústavu mesiacov. Zo 65 jeho doteraz

objavených družíc sú najznámejšie **4 najväčšie**, nazývané tiež **Galileove mesiace**, pretože prvý písomný záznam o ich pozorovaní urobil Galileo Galilei v **roku 1610**. Najväčší Galileiho mesiac, **Ganymedes**, je zároveň **najväčším mesiacom v Slnčnej sústave**. Ďalšie známe mesiace sú **Európa**, ktorá je pokrytá ľadovou kôrou a **Io**, ktorý prejavuje **mohutnú sopečnú aktivitu**. Jupiter je na oblohe **dobře viditeľný voľným okom**, a preto bol známy ľuďom **už v staroveku**. Vďaka svojej obežnej dobe okolo Slnka, ktorá trvá necelých **12 rokov**, prechádza Jupiter každým znamením zvieratníka **približne rok**. Veľa údajov o Jupiteri nám poskytli kozmické sondy, ktoré okolo neho prelietali, **najmä sonda Galileo**, ktorá sa v rokoch 1995 – 2003 stala **zatiaľ jeho jedinou umelou družicou**.

**Fyzikálna charakteristika Jupitera:** Jupiter je obrovská plynová guľa s **318-krát väčšou** hmotnosťou ako je hmotnosť Zeme. Jeho objem by pohltil 1 319 Zemí. So svojou hmotnosťou  $1,899 \times 10^{27}$  kg je **2,5-násobne hmotnejší** ako všetky ostatné planéty Slnčnej sústavy dohromady. Je tak hmotný, že sa hmotný stred sústavy Jupiter – Slnko nachádza nad slnečným povrchom (vo vzdialenosti 1,068 slnečného polomeru od stredu Slnka). Rovníkový priemer Jupitera je **142 984 km**. Rýchla rotácia Jupitera spôsobuje vydúvanie rovníkových vrstiev až o 9 276 km oproti polárnym. Už prvé spektroskopické pozorovania Jupitera ukázali, že je zložený najmä z molekulárneho vodíka ( $H_2$ ). Sonda Galileo zistila, že ho tvorí **vodík a hélium**, ktoré sú zmiešané v pomere **5:1**. Tieto dva základné prvky tvoriace Jupiter sú najhojnejšie sa vyskytujúcimi prvkami vo vesmíre. Chemické zloženie Jupitera sa veľmi podobá chemickému zloženiu Slnka s tým rozdielom, že Jupiter obsahuje **percentuálne viac ťažkých prvkov**. Vo veľkom množstve sa tu nachádzajú napríklad **vzácne plyny**, ako sú argón, kryptón a xenón. Jupiter vydáva asi o 60 % viac tepelnej energie, ako prijíma zo slnečného žiarenia. Predpokladá sa, že táto energia pochádza z troch hlavných zdrojov: z doby vzniku Jupitera; z uvoľňovania pomalým zmršťovaním planéty a z veľmi slabo prebiehajúcich termonukleárných reakcií.

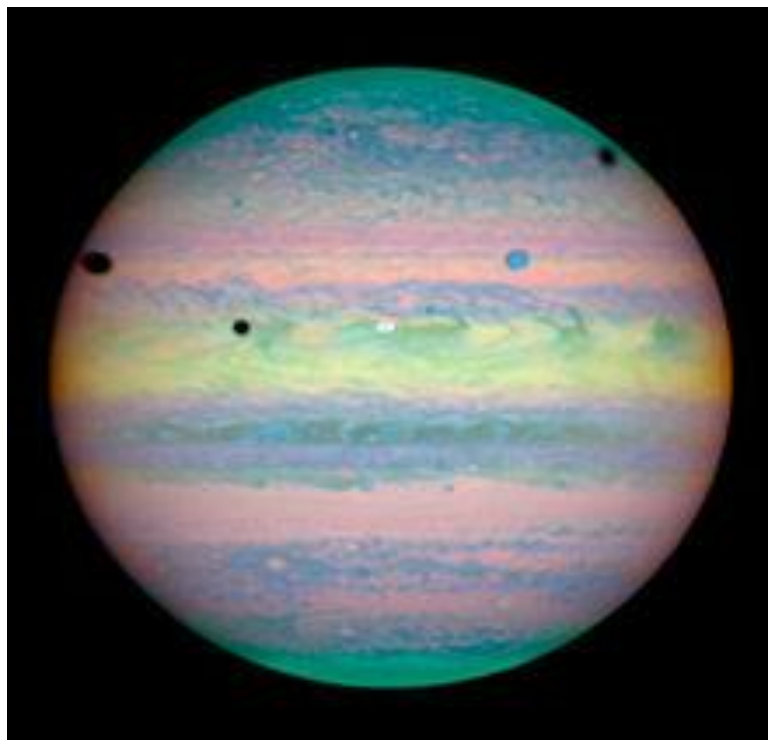


**Vnútorne zloženie:** Predpokladá sa, že v strede planéty leží **malé pevné jadro**, ktoré sa skladá **zo silikátov a železa**. Tlak a teplota sú tu veľmi vysoké. Hlavne vysoký tlak bol v minulosti príčinou toho, že sa pevné jadro pokladalo za útvar zložený z pevného vodíka. Nad jadrom sa nachádza vodíkový oceán, ktorý tvorí rozhodujúcu časť objemu i hmoty Jupiteru. Vodík je rozdelený do dvoch vrstiev a v oboch je kvapalný. Spodná vrstva siaha od jadra do vzdialenosti 46 000 km od stredu planéty a skladá sa z kovového kvapalného vodíka. Vďaka veľkému tlaku má jeho vnútorná časť odtrhnuté elektróny z atómových obalov a má **kovové vlastnosti**. Druhá, vonkajšia vodíková vrstva siaha do vzdialenosti 70 000 km od stredu planéty. Jej hlavnou zložkou je **kvapalný molekulárny vodík**. Tvorí **vlastný povrch planéty**. Hranica medzi kovovým a molekulárnym oceánom **je v hĺbke 17 000 km pod povrchom**. Atmosféra obsahuje okrem vodíka a hélia **aj metán, amoniak a vodné pary**. Teplota od oblakov smerom ku stredu **rastie**. Na vrcholoch mračien je  $-160^{\circ}$ , o 60 km hlbšie je približne rovnaká teplota ako na Zemi, a ešte kúsok hlbšie **je teplota na bode varu vody**. Prúdy tečúce vo vnútri (v kovovom vodíku) vytvárajú okolo Jupitera **veľmi silné magnetické pole**. Toto pole je zodpovedné za pozorovanú polárnu žiaru spôsobenú Birkelandovými prúdmi tečúcimi pozdĺž magnetických siločiar.

**Dráha a rotácia:** Jupiter obieha Slnko vo vzdialenosti 778 412 027 km, čo je **viac než päťnásobne väčšia vzdialenosť** ako tá, v ktorej obieha Zem okolo Slnka. Tomu je úmerné aj množstvo slnečného žiarenia dopadajúceho na meter štvorcový jeho plochy, ktoré tvorí **len 3,7 %** zo žiarenia dopadajúceho na meter štvorcový na hranici atmosféry Zeme. Jupiter je však k Slnku stále o polovicu bližšie, než nasledujúca joviánska planéta Saturn. Jeho obežná dráha má tvar elipsy podobnej kružnici s excentricitou približne 0,048. Pri najväčšom priblížení k Zemi, nás od Jupitera delí **588 miliónov km**. Pri najväčšom vzdialení, v konjunkcii, sa od Zeme vzdiaľuje **až na 968 miliónov km**. Sklon jeho dráhy k rovine ekliptiky je **nevýrazný** a dosahuje len  $1,3^{\circ}$ , čo je po Uráne **druhý najmenší** sklon dráhy planéty v Slnčnej sústave. Keďže Jupiter je zložený prevažne z plynu, jeho rotácia nepripomína rotáciu pevného telesa. Rôzne vrstvy jeho atmosféry sa otáčajú **rôznou rýchlosťou**. Kým rovníkový pás planéty urobí jednu otočku za 9 hodín 50 minút, vrstvy pri pólach sa otočia raz za 9 hodín 56 minút. Takáto rotácia sa nazýva **diferenciálna**. Jupiter má medzi všetkými planétami Slnčnej sústavy **najkratší deň**, keďže sa fakticky otočí už za 9 hodín 56 minút.



**Detail Jupiterovej atmosféry z pohľadu Voyagera 1**

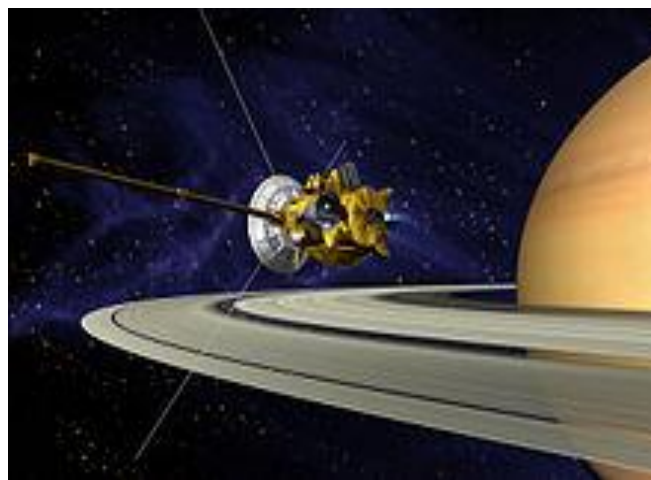


**Jupiter v nepravých farbách na zábere Hubbleovho vesmírneho ďalekohľadu. Na disku planéty sú viditeľné tieňe jeho troch mesiacov.**

**Pozorovanie Jupitera zo Zeme:** Jupiter so zdanlivou magnitúdou minimálne -1,6 patril k planétam, ktoré ľudia poznali už od staroveku. Svojou jasnosťou prevyšuje všetky hviezdy (najjasnejšia hviezda oblohy Sírirus má magnitúdu -1,46) ale je až tretou najjasnejšou planétou po Venuši a Marse. Aj keď je Jupiter od nás omnoho ďalej ako Mars (vzdialenosť od Zeme je 628 700 000 km a od Slnka 778 300 000 km), niekedy je na oblohe jasnejší. Je to preto, lebo je omnoho väčší a má hustú atmosféru, ktorá dobre odráža slnečné svetlo. Pri pozorovaní voľným okom sa Jupiter javí ako veľmi jasné neblíkajúce žlté teleso. Pri svojom najbližšom priblížení k Zemi – v opozícii – má planéta jasnosť -2,8 magnitúd, pri najväčšej vzdialenosti – v konjunkcii – iba -1,6. So zmenou vzdialenosti sa mení aj jeho uhlový priemer od 32" do 52". Za jeden deň sa na oblohe priemerne posunie o uhol 0,0831°. Podobne ako ostatné planéty, aj Jupiter vykresľuje na oblohe slučky, ktoré sú spôsobené zložením pohybu Jupitera a Zeme. Za jeden jeho siderický obeh, ktorý trvá necelých 12 rokov, urobí planéta necelých 11 (presnejšie 10,9) slučiek. Prechod jedným zvieratníkovým znamením mu trvá takmer presne rok. Už menším ďalekohľadom sa dajú pozorovať jeho štyri najväčšie mesiace. Ich jasnosti sa v opozícii pohybujú na hranici viditeľnosti voľným okom. Sú to 5,0 mag. (Io), 5,3 mag. (Európa), 4,6 mag (Ganymedes) a 5,6 (Kallisto). V ďalekohľade možno už v priebehu niekoľkých hodín sledovať zmeny polôh mesiačikov. Často dochádza aj k ich zákrytom planétou alebo naopak k prechodom cez jej disk. Polohy Galileiho mesiacov na každý deň v roku možno nájsť v astronomickej ročenke. Ľahko pozorovateľná je aj pásová štruktúra planéty.

**3. Saturn:** Základné údaje z Wikipédie: je **šiesta** planéta v poradí od Slnka, po Jupiteri **druhá najväčšia z planét**. Je známa už z prehistorického obdobia. Pomenovaný bol podľa rímskeho boha Saturna, ktorý je obdobou gréckeho Krona. Astronomický symbol pre Saturn je ♄. Saturn patrí medzi joviánske planéty, to znamená, že **nemá pevný povrch**, ale len hustú atmosféru, ktorá **postupne prechádza do plášťa**. Atmosféra je tvorená **prevažne vodíkom**, ktorý **tvorí 96,3 % jej objemu**. Viditeľný povrch planéty tvorí svetložltá vrstva mrakov s nejasnými pásmi rôznych odtieňov, ktoré sú rovnobežné s rovníkom. Teplota v hornej oblačnej vrstve dosahuje -140 °C. Objem planéty je približne 95-krát väčší ako objem Zeme, má však zo všetkých planét **najmenšiu hustotu**: len 0,6873 g/cm<sup>3</sup> a **ako jediná planéta** v Slnčnej sústave je **ľahší než voda**. Saturn je známy

najmohutnejšou sústavou prstencov zo všetkých planét Slnčnej sústavy. Jeho hlavné prstence, ktoré sú označené veľkými písmenami, možno pozorovať zo Zeme už aj malým ďalekohľadom. Okolo planéty obieha tiež početná rodina mesiacov, z ktorých najväčší je **Titan, jediný mesiac v Slnčnej sústave s hustou atmosférou**. Jeden obeh Saturna okolo Slnka trvá **29,46 pozemského roka**. Je **ľahko pozorovateľný voľným okom** ako žltý neblíkajúci objekt jasnosťou porovnateľný s najjasnejšími hviezdami. Od ekliptiky sa nikdy nevzdiali na väčšiu uhlovú vzdialenosť ako  $2,5^\circ$ . Prechod jedným zvieratníkovým znamením **mu trvá viac než dva roky**.



**Fyzikálna charakteristika a vnútorné zloženie Saturna:** Vďaka nízkej hustote a veľkej rýchlosti rotácie je najvýraznejšie sploštenou planétou. Jeho rovníkový priemer je o 10 % väčší ako polárny priemer (rovníkový priemer je 120 660 km, polárny priemer je 108 000 km). Možným vysvetlením tohto javu je rýchla rotácia a skôr tekutá ako pevná fáza vodíka v jadre, ktorá sa pôsobením vnútorných tlakov nezmení až do teploty **6 727 °C (7 000 K)**. Podobne ako Jupiter, aj Saturn vyžaruje väčšie množstvo energie, ako dostáva od Slnka. Planéta sa, podobne ako Jupiter, skladá zo **75 % vodíka a 25 % hélia** so stopami metánu, vody a amoniaku, podobne ako pôvodná hmlovina, z ktorej vznikli všetky planéty. Jadro je pravdepodobne z kovového vodíka (je tu tak veľký tlak, že inak plyný vodík sa správa ako kov) a má teplotu asi **11 727 °C (12 000 K)**. Podľa údajov zo sondy Voyager 1 je pomer vodíka k héliu v Saturnovej atmosfére **9:1**.

**Dráha a rotácia:** Saturn obieha Slnko v strednej vzdialenosti 1 426,9 milióna km, čo je približne **dvojnásobok vzdialenosti** Jupitera od Slnka a takmer



**desaťnásobok vzdialenosti Zeme od Slnka.** Odklon jeho osi od kolmice na ekliptiku je  $26,7^\circ$ , zhruba o 4 stupne viac, ako sklon Zeme. Sklon osi rotácie voči obežnej dráhe má pritom veľký význam z hľadiska viditeľnosti Saturnovho prstenca. Dráha Saturna je eliptická, blízka kruhovej. Jeho obežná rýchlosť je  $9,66 \text{ km/s}$  ( $34\,703 \text{ km/h}$ ), vďaka čomu je tretou najpomalšie obiehajúcou planétou (po Uráne a Neptúne). Jedna otočka Saturna okolo svojej osi trvá **10,66 hodín**, čím sa radí medzi planéty s **najkratším dňom**. Rýchlejšiu rotáciu má už len Jupiter. Rotácia je **diferenciálna** a jej rýchlosť klesá od rovníka smerom k pólom. Na  $57^\circ$  šírky trvá jedna otočka okolo osi 11 hodín 7,5 minút.



### **V prstencoch Saturna – umelecká predstava**

**Pozorovanie Saturna zo Zeme:** Saturn býva na nočnej oblohe veľmi dobre pozorovateľný aj voľným okom, je takmer taký jasný ako Jupiter a má žltú farbu. Jeho zdanlivá hviezdna veľkosť sa pohybuje, v závislosti od aspektu, od 1,5 do  $-0,5$  magnitúd, čím je porovnateľný s jasnejšími hviezdami. Na rozdiel od hviezd Saturn, rovnako ako iné planéty, nebliká. Istú úlohu v jeho jasnosti zohráva aj natočenie prstenca voči Zemi. Saturn sa od ekliptiky nikdy nevzdďaľuje viac ako o  $2,5^\circ$ , z čoho vyplýva, že v súčasnosti na 48. rovnobežke (zemepisná šírka južného Slovenska), pri hornej kulminácii nikdy nemôže stúpnuť viac ako  $68^\circ$  a klesnúť menej ako  $16^\circ$  nad obzor. Za jeden deň sa na oblohe priemerne posunie o uhol  $0,0333^\circ$ . Považuje sa za poslednú planétu, ktorú možno pozorovať voľným okom. Jasnosť Urána sa však pohybuje na hranici pozorovateľnosti a za veľmi vhodných podmienok je možno teda vidieť aj vzdialenejší Urán. Prstence voľným okom nie sú

viditeľné, zobrazia sa však už v menšom ďalekohľade (za predpokladu, že je planéta vhodne naklonená) spolu s jeho najjasnejším mesiacom Titanom. Dobre viditeľný je pri vhodnom sklone aj tieň prstencov na planéte. Na samotnom povrchu Saturna možno pozorovať atmosférické pásy a zriedkavo biele jasné škvrny, ktoré sa objavili napríklad v rokoch 1933 a 1990. Medzi amatérskymi pozorovateľmi sú veľmi obľúbené zákryty Saturna Mesiacom. Planéta sa pohybuje po oblohe najpomalšie zo všetkých planét viditeľných voľným okom, čo vyplýva z tretieho Keplerovho zákona. Ako všetky ostatné planéty, aj Saturn niekedy pri svojom pohybe na hviezdnom pozadí „spomaľuje“, „zastane“ a istý čas sa dokonca pohybuje spätne. Tieto nerovnomernosti v pohybe sú spôsobené pridaním pohybu Zeme k Saturnovmu takmer rovnomernému obehu okolo Slnka. Za jeden siderický obeh Saturn vykreslí na oblohe 28,5 slučiek. V roku 2013 sa nachádza v súhvezdí Váhy a zostane v ňom do mája 2013, kedy v rámci už spomínanej slučky "zacúva" do súhvezdia Panny. V ňom sa zdrží až do začiatku septembra 2013, kedy sa vráti do súhvezdia Váhy a zostane v ňom do januára 2015, kedy prekročí hranicu so susedným súhvezdím Škorpión. Priemerne sa v jednom súhvezdí zdržuje viac než 2 roky. Pozorovateľný je každý rok vždy v tom období, v ktorom je viditeľné aj jeho „momentálne" súhvezdie.

- 4. Urán:** Základné údaje z Wikipédie: je **siedma** planéta od Slnka, tretia najväčšia a štvrtá najhmotnejšia planéta v Slnčnej sústave. Patrí medzi plynné obry a spolu s Neptúnom **aj medzi tzv. ľadové obry**. Meno má po gréckom bohovi nebies Uranovi, čo je ojedinelé – ostatné planéty sú pomenované po rímskych bohoch. Symboly planéty Urán sú znak  $\Upsilon$  (používaný v astrológii) alebo  $\♅$  (používaný v astronómii). Je to **najbližšia** planéta k Zemi, ktorá **nebola** ľuďom známa už od staroveku. Aj napriek tomu, že Urán je možné za priaznivých podmienok pozorovať voľným okom na nočnej oblohe, antickí astronómovia ho kvôli pomalej rýchlosti a nízkej jasnosti **nepovažovali za planétu, ale za hviezdu**. Objav Urána ohlásil William Herschel 13. marca 1781, čím prvýkrát v modernej dobe posunul známe hranice Slnčnej sústavy. Chemickým zložením sa Urán **podobá Neptúnu**. Obe planéty majú rozdielne celkové zastúpenie prvkov oproti Jupiteru či Saturnu. Urán má podobné zloženie atmosféry ako Jupiter či Saturn. Tvoria ju prevažne **plynné formy vodíka a hélia**, ale obsahuje aj výrazný podiel vody, amoniaku a metánu so stopami ďalších uhlíkovodíkov. Atmosféra Urána je **najchladnejšou v Slnčnej sústave**, minimálne teploty

sa pohybujú okolo **49 K**. Jej štruktúra je vrstevnatá: v najnižších poschodiach sa nachádzajú mraky vody, vo vrchných poschodiach mraky tvorené hlavne metánom. Vnútro planéty je zložené najmä z ľadu a kamenia. Takisto ako ďalšie plynné planéty má aj Urán prstence, magnetosféru a veľa mesiacov. Zvláštnosťou Urána je **sklon jeho rotačnej osi: os leží takmer v rovine, v ktorej planéta obieha Slnko**. Severný a južný pól sa preto nachádzajú v oblastiach, ktoré sú u iných planét charakteristické pre rovník. Pri pohľade zo Zeme sa preto stane, že sa prstence Urána javia ako terč s Uránom v strede.

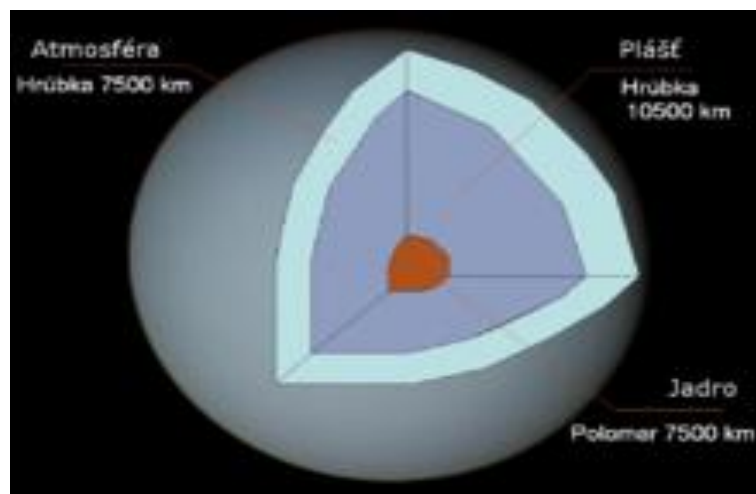


### Porovnanie veľkosti Zeme a Uránu

**Fyzikálna charakteristika a chemické zloženie Uránu:** Urán je približne **14,5-krát** hmotnejší ako Zem, takže je **najľahší zo všetkých plynných obrov**. Jeho hustota je  $1,27 \text{ g/cm}^3$ , čo je druhá najmenšia hodnota z planét v Slnčnej sústave po Saturne. Priemer planéty je o málo väčší než priemer Neptúna a je približne **4-krát väčší ako priemer Zeme**, ale Urán je ľahší ako menší Neptún. Jupiter a Saturn sú zložené takmer výhradne z vodíka. Urán na rozdiel od nich obsahuje len 83 % vodíka, 15 % hélia a stopové množstvá metánu a ďalších látok. Jadrá Urána a Neptúna sa v mnohých smeroch podobajú jadrám Jupitera a Saturna, nemajú však masívnu obálku z tekutého kovového vodíka. Zdá sa, že Urán **nemá** výrazne diferencované kamenné jadro ako Jupiter a Saturn, ale jeho materiál je **viac-menej rovnomerne rozložený**. Uránova modrozelená farba je spôsobená absorpciou červeného svetla jeho **metánovou atmosférou**. Pomerne rýchla rotácia planéty je príčinou jej zreteľného sploštenia na póloch. Pre popis planéty sa preto používa rotačný elipsoid, u ktorého je povrch umelo definovaný ako miesto, kde sa atmosférický tlak rovná 1 baru. Ako rovníkový polomer sa udáva hodnota  $25\,559 \text{ km} \pm 4 \text{ km}$  a polárny polomer je  $24\,973 \text{ km} \pm 20 \text{ km}$ . Takto definovaný povrch planéty sa používa ako nulová nadmorská výška.

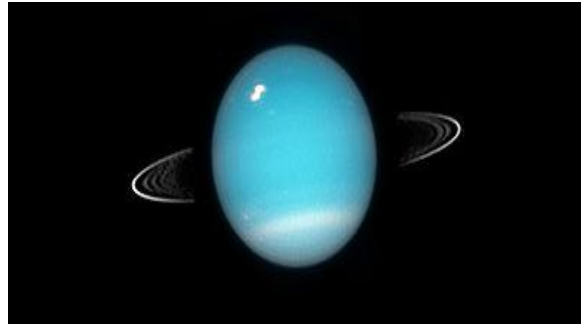
**Vnútoraná stavba Uránu:** Nízka hustota a hmotnosť Urána naznačuje, že planéta je zložená prevažne z ľahkých prvkov a zlúčenín, ako napríklad

vodného ľadu, amoniaku a metánu. Celková hmotnosť ľadu obsiahnutého vnútri Urána nie je presne známa a odhady sa výrazne líšia podľa použitého modelu vnútornej stavby. Mala by však byť medzi **9,3 až 13,5 hmotnosti Zeme**. Vodík a hélium tvoria iba malú časť celkovej hmotnosti, asi medzi 0,5 až 1,5 hmotnosti Zeme. Zvyšok materiálu zodpovedajúci 0,5 až 3,7 hmotnosti Zeme pripadá na kamenný materiál. Štandardný model stavby Urána predpokladá tri oddelené vrstvy: **kamenné jadro** v strede planéty, **ľadový plášť** a **plynný obal** tvorený prevažne vodíkom a héliom. Jadro je relatívne malé s hmotnosťou iba 0,55 hmotnosti Zeme a s polomerom 20 % veľkosti Urána. Hmotnosť plášťa sa odhaduje na 13,4 hmotnosti Zeme a jeho veľkosť **na 60 % veľkosti planéty**. Vrchná atmosféra planéty váži iba 0,5 hmotnosti Zeme, aj keď zaberá zvyšných 20 % veľkosti. Odhaduje sa, že jadro má hustotu okolo 9 g/cm<sup>3</sup>, tlak tu dosahuje 8-miliónov barov (800 GPa) a teplota sa pohybuje okolo **5 000 K**. Ľadový plášť nie je v skutočnosti z pevného ľadu, ale z hustej kvapaliny tvorenej vodou, čpavkom a ďalšími ľahkými látkami. Vzniknutá kvapalina je silne elektricky vodivá a občas sa nazýva **vodočpavkový oceán**. Odlišné zloženie plášťa v porovnaní s Jupiterom a Saturnom spolu s ďalšími znakmi zaraďuje Urán medzi tzv. ľadové obry. Vyššie opísaný model nie je jediný, **existujú aj ďalšie modely zloženia Urána**. Jeden z nich vychádza z iného zastúpenia vodíka v plášti a horninového materiálu zmiešaného s ľadom v plášti, čím by sa zmenšilo množstvo ľadu vo vnútornej stavbe. V súčasnosti nepanuje jednotný názor na to, ktorý model je správny. Oba modely sa však zhodujú v tom, že Urán nemá pevný povrch a že atmosféra prechádza do kvapalnej celoplanetárnej vrstvy. Teplotu v jadre planéty odhadujeme na 11 000 °C a tlak na  $6 \times 10^6$  MPa.



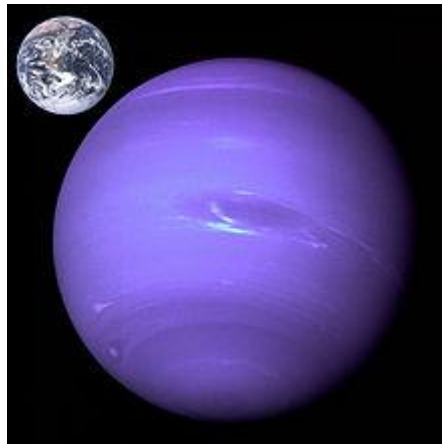
**Vnútorná stavba Uránu**

**Dráha, rotácia a pozoruhodný odklon osi Uránu:** Urán obieha Slnko v strednej vzdialenosti 2 870 972 220 km. Planéta sa približuje k Slnku najviac na 2 735 555 035 km a vzdďaľuje na 3 006 389 405 km. Okolo Slnka obehne raz za **84,07 rokov** a okolo svojej osi sa otočí za **17 hodín** a 14 minút. Jedným z najvýraznejších znakov Urána je sklon rovníka k rovine jeho dráhy o  $97,86^\circ$ , takže planéta rotuje retrográdne (spätne). Rovina obehu Urána je k rovine ekliptiky sklonená len pod uhlom  $0,769\ 86^\circ$ , preto rotačná os leží takmer v rovine ekliptiky. V dôsledku toho svieti Slnko počas Uránovho roka **striedavo na severný a južný pól**. Deň na póle trvá 42 rokov a nasleduje po ňom 42 rokov dlhá noc. Iba na dvoch miestach obežnej dráhy, keď je planéta natočená rovníkom k Slnku, Slnko vychádza a zapadá obdobne ako na Zemi. Prstence spoločne s mesiacmi obiehajú v rovine Uránovho rovníka, takže sa celá Uránova sústava v podstate okolo Slnka „valí“. V čase preletu Voyagera 2 bol Uránov južný pól nasmerovaný takmer presne k Slnku. Samotné označenie tohto pólu je predmetom diskusií. O Uráne možno povedať, že buď má odklon osi rotácie o niečo málo viac ako  $90^\circ$ , alebo že má odklon osi rotácie o niečo málo menej než  $90^\circ$  a rotuje v spätnom smere. Tieto dva opisy presne zodpovedajú skutočnému správaniu planéty; výsledkom odlišných definícií je len určenie, ktorý pól je severný a ktorý južný. Keďže rotačná os nie je presne rovnobežná s rovinou ekliptiky, nachádza sa jeden pól nad rovinou a druhý pod rovinou podobne ako pozemské póly. Vzhľadom na medzinárodnú dohodu sa využíva označenie severný pól pre ten, ktorý sa nachádza nad rovinou ekliptiky bez ohľadu na smer, ktorým sa planéta otáča. Možným vysvetlením takejto nezvyčajnej orientácie rotačnej osi je teória kolízie Urána s veľkou protoplanétou, ktorá by mohla vysvetliť tiež stratu vnútorného tepla. Simulácie ju však nepotvrdzujú, pretože osi jeho mesiacov nie sú odklonené. Z tohto dôvodu sa uvažuje aj o vplyve hustej atmosféry, ktorá kvôli sklonu osi rotácie cirkuluje zvláštnym spôsobom. Ďalšou možnosťou vysvetlenia je dočasná prítomnosť veľkého mesiaca. Ak by podľa vykonaných simulácií mal Urán v minulosti mesiac s 1 % svojej hmotnosti (teda teleso porovnateľné s veľkosťou planéty Mars), mohol by po 2 miliónoch rokoch skloniť rotačnú os planéty na súčasnú úroveň. Je zrejmé, že Uránov extrémny odklon osi spôsobuje aj radikálne sezónne výkyvy počasia. Počas preletu Voyagera 2 bol pásový vzor atmosféry Urána jemný a pokojný. Pozorovanie Hubblovho vesmírneho ďalekohľadu vo chvíli, keď Slnko osvetľovalo Uránov rovník (v roku 2007), zase ukazovalo oveľa zreteľnejšie pásovanie.



**6. Neptún:** Základné údaje z Wikipédie: je **ôsma** a najvzdialenejšia planéta Slnecnej sústavy. Rozhodlo o tom hlasovanie na 26. kongrese Medzinárodnej astronomickej únie v Prahe 24. augusta 2006. Dovtedy bolo poslednou planétou slnečnej sústavy Pluto. So svojim rovníkovým priemerom 49 528 km je štvrtou najväčšou planétou, jeho hmotnosť však z neho robí tretiu najhmotnejšiu planétu slnečnej sústavy. Neptún je **17-krát ťažší ako Zem** a iba o niečo prekonáva svoju susednú planétu Urán (14-krát ťažší ako Zem). Planéta je pomenovaná podľa starorímskeho boha mora Neptúna. Svojou stavbou, hmotnosťou a chemickým zložením sa zaraďuje k plynným obrom (joviánskym planétam). Jeho astronomický symbol je trojzubec. ( $\Upsilon$ , Unicode U+2646). Atmosféra Neptúna sa skladá najmä z vodíka a hélia, so stopami metánu, ktorý spôsobuje modrú farbu planéty. Toto zafarbenie je omnoho výraznejšie ako pri Uráne, ktorý má tiež podobné množstvo metánu, ale v atmosfére Neptúna sa nachádza pravdepodobne ešte **neznáma** zložka ktorá **toto zafarbenie zosilňuje**. V atmosfére Neptúna tiež dujú najsilnejšie vetry z planét Slnecnej sústavy, rýchlosťami približne 2 500 km/h. Ako všetky plynné obry v Slnecnej sústave, aj Neptún má prstence, ktoré sú však omnoho menej výrazné ako pri Saturne. Boli objavené tímom Edvarda Guinana, pričom predpokladali že prstence nie sú kompletne. Toto však vyvrátila sonda Voyager 2 pri prelete okolo planéty. Neptún má tiež rodinu mesiacov, potvrdených ich je zatiaľ 13. Známy je najmä Triton, kvôli svojej retrográdnej obežnej dráhe, veľmi nízkej teplote na povrchu (38K) a extrémne jemnej atmosfére (14 mikrobarov), zloženej z dusíka a metánu. Planéta bola objavená 3. septembra 1846 Johannom Gallom a študentom astronómie Louisom d'Arrestom. Neptún je prvou planétou objavenou skôr na základe

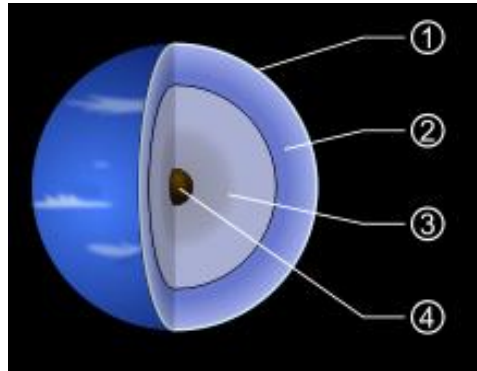
matematických výpočtov ako priamym pozorovaním. Z porúch v dráhe Uránu astronómovia odvodzovali jeho existenciu. Neptún z blízka skúmala zatiaľ iba jediná sonda - Voyager 2. Na prvý pohľad upúta svojou modrou farbou.



**Fyzikálne a chemické vlastnosti Neptúna:** Neptún je svojím vzhľadom, veľkosťou a hmotnosťou veľmi podobný Uránu. S hmotnosťou  $1,0243 \times 10^{26}$  kg je Neptún teleso nachádzajúce sa medzi hmotnosťou Zeme a väčšími plynnými obrami. V porovnaní so Zemou je Neptún 17-krát hmotnejší, ale zároveň jeho hmotnosť dosahuje len 1/19 hmotnosti Jupitera. Polomer rovníku Neptúna je 24 764 km - štyrikrát väčší ako má Zem. Keďže majú Urán a Neptún podobné zloženie tvorené čiastočne ľadom, občas sa vyčleňujú zo skupiny plynných obrov do skupiny tzv. ľadových obrov. Aj napriek tomu, že Neptún je oveľa ďalej od Slnka ako Urán, má teplotu povrchu o niečo málo vyššiu, dosahuje  $-213$  °C.

**Vnútoraná stavba Neptúna:** Predpokladá sa, že oblasť jadra zaberá približne dve tretiny polomeru planéty a že je zložená z kamenného jadra v strede, ľadu a tekutého amoniaku s metánom. Kamenné jadro sa pravdepodobne skladá zo železa, niklu a silikátov. Hmotnosť jadra sa odhaduje na 1,2 hmotnosti Zeme, teploty a tlak sa tu pohybujú okolo 5130 K resp. 7 mbar. Nad týmto veľkým jadrom sa nachádza tretina planéty v podobe plášťa tvorená pravdepodobne zmesou horúcich plynov vodíka, hélia, vody a metánu, ktorý spôsobuje i charakteristickú modrú farbu planéty. Pri odraze svetla od planéty metán najviac rozptyľuje modré lúče a naopak absorbuje červenú časť spektra. Predpokladá sa, že plášť by mohol dosahovať desaťnásobok až pätnásťnásobok hmotnosti Zeme. Meranie pomocou mikrovlnného žiarenia naznačujú, že teplota na Neptúne (ako u ostatných planét) rastie s hĺbkou. Pred meraním sondy Voyager 2 sa predpokladalo, že teplota Neptúna bude približne  $-228$  °C, ale sonda namerala  $-218$  °C. Tento rozdiel v nameraných

hodnotách naznačuje, že Neptún má podobne ako Jupiter a Saturn **vnútorný zdroj energie**. V plášti, kde sa nachádza prehriaty plyn, je teplota v rozmedzí 1730 až 4730 °C. Modely naznačujú, že by sa v hĺbke okolo 7 000 km mohli nachádzať podmienky, ktoré by umožňovali **vznik diamantov z metánu**. Vzniknuté diamanty by potom padali do jadra planéty, čo je určite škoda.



**Vnútorná stavba Neptúna: 1 – horná vrstva atmosféry, vrcholky mrakov, 2 – atmosféra zložená z vodíka, hélia a metánu, 3 – plášť tvorený vodou, čpavkom a ľadom metánu, 4 – kamenoladové jadro**

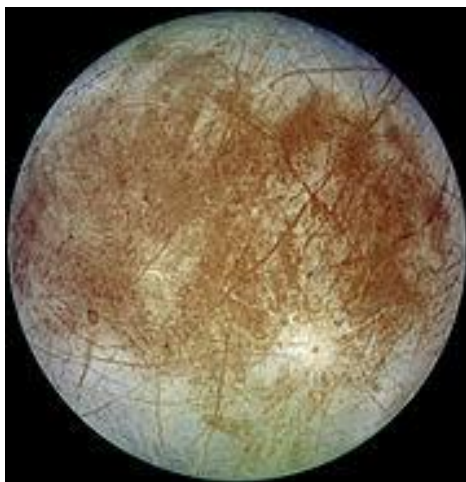
**Ročné obdobia na Neptúne:** Šesť rokov pozorovania Hubbleovým vesmírnym ďalekohľadom naznačujú, že v atmosfére planéty dochádza k striedaniu ročných období podobne ako na Zemi. Podľa snímok dochádza na južnej pologuli k výraznému nárastu odrazeného svetla, čo je vysvetľované **práve zmenou ročného obdobia**. Od roku 1996 do roku 2002 dochádzalo postupne k nárastu svetlosti južnej časti planéty, ktoré bolo zapríčinené nárastom množstva svetlejších mrakov v tejto oblasti, čo podporilo predchádzajúce pozorovanie vykonané od roku 1980 na pôde Lowellovho observatória v Arizone. Predpokladá sa, že podobne ako na Zemi, aj na Neptúne panujú štyri ročné obdobia, ktoré sa prejavujú teplejším letom a studenšou zimou s postupným prechodom cez jar a jeseň. Na základe dĺžky obežnej dráhy Neptúna, ktorá je približne **165 rokov**, je zrejmé, že dĺžka ročných období na Neptúne bude dosahovať okolo **40 rokov** pre jednotlivú periódu. Pre definitívne potvrdenie teórie o ročných obdobiach bude potrebné pokračovať v pozorovaní ďalších asi 20 rokov (údaj z roku 2005), po ktorej by malo dochádzať neustále k zvyšovaniu jasnosti južných oblastí planéty. Teóriu o striedaní ročných období podporuje skutočnosť, že rotačná os planéty je naklonená o **29°**, pri Zemi je to **23,5°**.

## **7. Je možný život na joviánskych planétach alebo ich mesiacoch?**

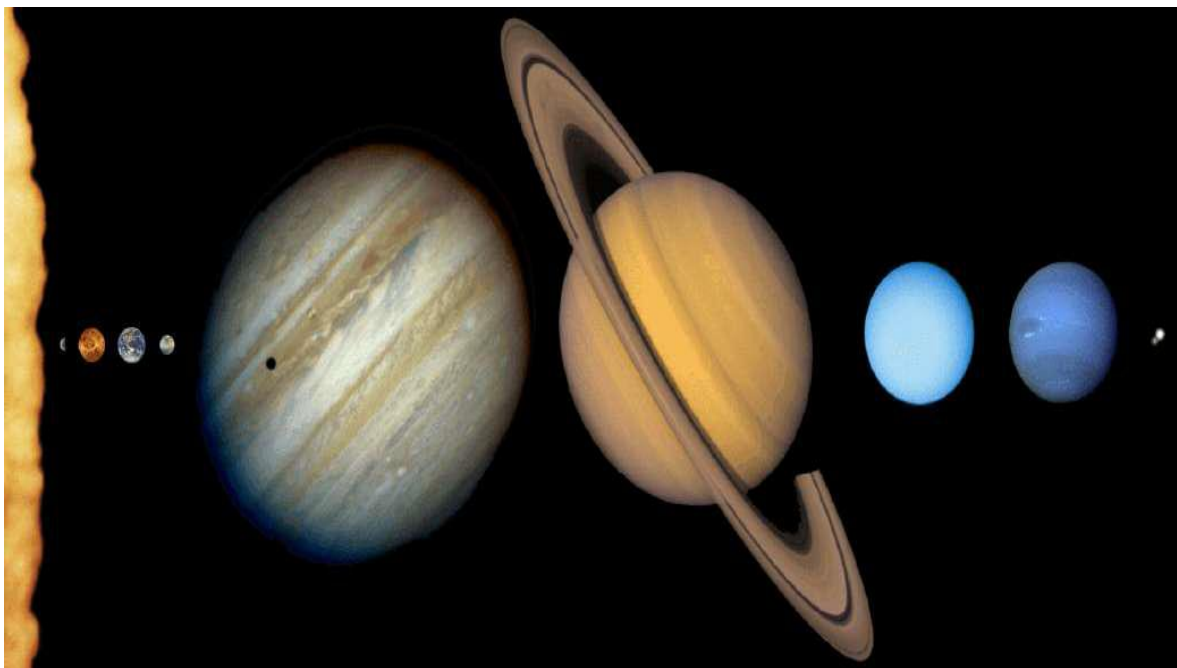
Je málo pravdepodobné, že niekedy objavíme život pozemského typu na



joviánskych planétach, pretože nielenže nemajú pevný povrch, ale ani existenčné podmienky v pásme medzi ich približným povrchom a atmosférou nie sú také, aby umožňovali vznik a dlhodobé udržanie sa života. Nízke alebo extrémne vysoké teploty, vysoký tlak, nevhodné chemické zloženie atmosféry atď. takisto hovoria proti možnej existencii živého na týchto planétach. Nakoniec, podobné stanovisko nájdeme aj vo Wikipédii: Plynní obri, medzi ktorých zaraďujeme aj Saturn, nemajú pevný povrch a preto by sa život mohol vyvíjať len v jeho atmosfére, v oblastiach, kde sú kvapôčky vody a dostatok slnečného žiarenia. Objavili sa špekulácie, v ktorých sa tvrdilo, že by v takomto prostredí dokázali žiť dokonca i viacbunkové organizmy. Na Zemi sa však **ne našli žiadne organizmy adaptované výhradne na život v mrakoch**, dokonca ani na miestach, kde sú mraky prítomné fakticky neustále. Analogicky môžeme rovnakú situáciu predpokladať pre všetky telesá Slnečnej sústavy s atmosférou a teda i pre Saturn. Naopak, za najväčších kandidátov pre mimozemský život v Slnečnej sústave sa považujú (popri **Marse** a Jupiterových mesiacoch **Európa a Ganymedes**) jeho mesiace **Titan a Enceladus**. Zloženie atmosféry Titanu veľmi pripomína zloženie atmosféry Zeme v raných štádiách jej vývoja. Uvažuje sa o **možnosti vzniku jednobunkových organizmov**. Po pristátí sondy Huygens však Francois Raulin, jeden z expertov projektu, vyslovil domnienku, že život na Titane je veľmi nepravdepodobný z dôvodu **neprítomnosti vody** na povrchu mesiaca. Mesiac Enceladus zase vedcov prekvapil **prítomnosťou vody** v kvapalnom skupenstve, ktorú chrlia gejzíry na jeho povrchu. Tým sa zaradil medzi telesá, na ktorých sa budú zrejme v budúcnosti hľadať stopy primitívneho života. Dodajme ešte, že zvlášť nádejným miestom pre vznik a existenciu života sa po objave oceánskych hydrotermálnych prieduchov stal Jupiterov mesiac Európa, ktorý má pod 100 km hrubým ľadom zrejme tekutý oceán.



**8. Čo je to planéta?** Dajme opäť slovo Wikipédii: (z gréckeho *πλανήτης*, *planétés* – „pútnici“) alebo **obežnica** je približne guľaté teleso značného objemu, ktorého hmotnosť je menšia ako  $80 M_J$  (hmotností Jupitera). Obieha na obežnej dráhe okolo hviezdy, ale zároveň neobieha okolo iného telesa. Vyčistilo okolie svojej dráhy od ďalších telies. Produkuje veľmi málo alebo žiadnu energiu prostredníctvom jadrovej reakcie. Nevyžaruje vlastné svetlo a svieti iba odrazeným svetlom hviezdy. Jeho dominancia na obežnej dráhe sa prejavuje aj v tom, že má okolo seba často obežnice, zvané mesiace, pričom platí, že čím väčšia je planéta, tým má týchto prirodzených obežníc viac. Pri Jupiteri, Saturne alebo Uráne ide o desiatky, neraz veľmi veľkých mesiacov. Na stránke Astronomického ústavu SAV zase môžeme nájsť túto definíciu: „Planéta Slnecnej sústavy je nebeské teleso, ktoré obieha okolo Slnka, má dostatočnú hmotnosť, aby jeho vlastná gravitácia prekonala vnútorné sily pevného telesa, takže dosiahne tvar zodpovedajúci hydrostatickej rovnováhe (približne gule) a vyčistilo okolie svojej dráhy.“ Ako zdôrazňuje Juraj Tóth z UK v Bratislave, od planéty treba odlišovať **trpasličiu planétu**, akou je napríklad **Pluto**, pre ktorého platí, že **nevyčistila okolie svojej dráhy**, aj keď dominuje na svojej dráhe okolo Slnka a nie je satelitom iného telesa.



## Kontrolné otázky:

1. Koľko joviánskych (alebo joviálnych) planét poznáme?
2. Ktoré planéty zaradujeme medzi tzv. ľadové obry?
3. Majú všetky joviánske planéty a tzv. ľadové obry prstence?
4. Vyžarujú joviánske planéty do vesmíru energiu alebo nie?
5. Prečo nie je Pluto normálnou planétou Slnčnej sústavy, ale len trpasličou planétou?
6. Skús vymenovať štyri Galileove mesiace!
7. Prečo sa niektorí vedci domnievajú, že by na Európe mohol byť život?
8. Sú na Neptúne ročné obdobia? A ak áno, prečo?
9. Akým slovesom by sa dal najvýstižnejšie opísať pohyb Urána a jeho mesiacov obežnou dráhou okolo Slnka? A prečo?
10. Ktorá planéta má charakteristickú modrú farbu a prečo?
11. Ako dlho asi prechádza Jupiter každým znamením zvieratníka?
12. Ako dlho asi prechádza Saturn každým znamením zvieratníka?
13. Ako sa nazýva jediný mesiac v Slnčnej sústave, ktorý má hustú atmosféru?
14. Na ktorej planéte trvá deň najkratšie zo všetkých planét Slnčnej sústavy, čiže – ktorá sa okolo svojej osi otočí najrýchlejšie?
15. A ako dlho jej to zhruba trvá?
16. Čo je to diferenciálna rotácia a na ktorých dvoch planét ju nájdeme?
17. Ktorú planétu preslávila veľká „červená škvrna“ v jej atmosfére?
18. Čo umožňuje vesmírnemu telesu, aby dosiahlo guľový tvar?
19. Majú asteroidy a meteority väčšinou guľový tvar?
20. Na ktorom mesiaci a pri ktorej planéte môžeme pozorovať gejzíry, podobne ako v slávnom Yellowstonskom národnom parku?