

8.DÍL



PROCHÁZKA SLUNEČNÍ SOUSTAVOU

JAN VESELÝ



2021

Smíchovská průmyslovka třetího věku

8. díl

Procházka Sluneční soustavou

Jan Veselý



Tato brožura vznikla jako inspirační materiál pro volný čas studentů Smíchovské průmyslovky třetího věku. Pěkné čtení i zábavu vám přeje tým SSPŠ a jeho přátelé.

Tato brožura je součástí skupiny následujících brožur:

1. díl: Nanotechnologie pro začátečníky (Věra Krajčová) 
2. díl: Procházka Prahou fyzikální (Jan Mlynář) 
3. díl: Nebojme se robotů (Jaroslav Kořínek) 
4. díl: Magické čtverce (Marie Souchová) 
5. díl: Jedová chýše (Ivan Lukačina) 
6. díl: Fyzikální inspiromat (Věra Krajčová) 
7. díl: Grafika a 3D tisk (Lukáš Vrba) 
- 8. díl: Procházka Sluneční soustavou (Jan Veselý)** 
9. díl: Geometrická zobrazení kolem nás (Tamara Mainzerová) 
10. díl: Kybernetická bezpečnost (Martina Řejhová) 

Grafik a autor loga: Lukáš Chochlovský

Copyright © 2021 – Smíchovská průmyslovka třetího věku

Procházka Sluneční soustavou

Co vás napadne, když se řekne vesmír?	4
Země středem světa	5
Je to jinak	7
Vesmír je mnohem větší	10
Jak daleko je nebe?	12
Kolik je planet?	14
Sluneční zoo	16
Merkur	17
Venuše	18
Země	19
Mars	20
Jupiter	21
Saturn	22
Uran	23
Neptun	24
Jak veliké je Slunce?	25
Poznejme planety	27
Planetární stezka – návod	29
Seznam obrázků	37
Seznam tabulek	37

Co vás napadne, když se řekne vesmír?

Zkuste se zamyslet a napsat co nejvíce slov, která vám v souvislosti s tímto pojmem přijdou na mysl.

Vypište:

Asi nejčastěji nás napadnou hvězdy a planety, černé díry, Slunce, komety, souhvězdí, postupně přidáváme měsíce planet, planetky, galaxie, prostor, tmu, kosmické lodě, astronauty a další. A když se řekne planeta, automaticky většině z nás naskočí řada: Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun a Pluto (o tom, že tam Pluto už nepatří, se dočtete dále).

Země středem světa

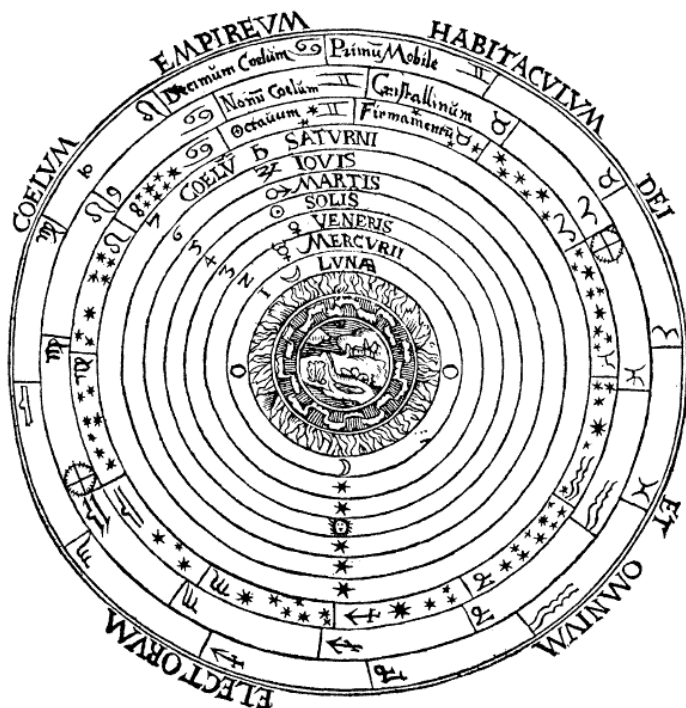
Nejprve si pojmy trochu utřídíme a podíváme se, co to ten vesmír vlastně je a jaké místo v něm zaujímají planety Sluneční soustavy. Slovo vesmír znamená veškerý svět a jeho obsah se v běhu minulých staletí a tisíciletí měnil.

Odhlédněme od mýtů o velrybách plujících po oceánu, na jejichž hřbetě svět spočívá, i od krunýře želvy, která nesla svět Mayů již od začátku doby, od které my Evropané počítáme novověk.

Okolo počátku našeho letopočtu panovala představa, že uprostřed světa je zeměkoule. Ano, opravdu zeměkoule. Představy o ploché Zemi opustili starověcí řeční učenci už před více než dvěma tisíciletími. Aristarchos dokonce už na začátku třetího století před naším letopočtem.

Kolem nehybné kulaté Země, která trůnila uprostřed světa, se otáčela sféra stálic – hvězd, které tvoří souhvězdí. Mezi hvězdy ovšem patřily všechny svítící objekty na obloze, tedy i bludná tělesa – planety: Měsíc, Merkur, Venuše, Slunce, Mars, Jupiter a Saturn. Ty byly umístěny na křišťálových sférách v prostoru mezi Zemí a stálicemi. Sféry planet se okolo Země otáčely různou rychlostí. Uvedené pořadí je dáno rychlostí pohybu „bludic“ po nebi a určilo také pořadí sfér.

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum.



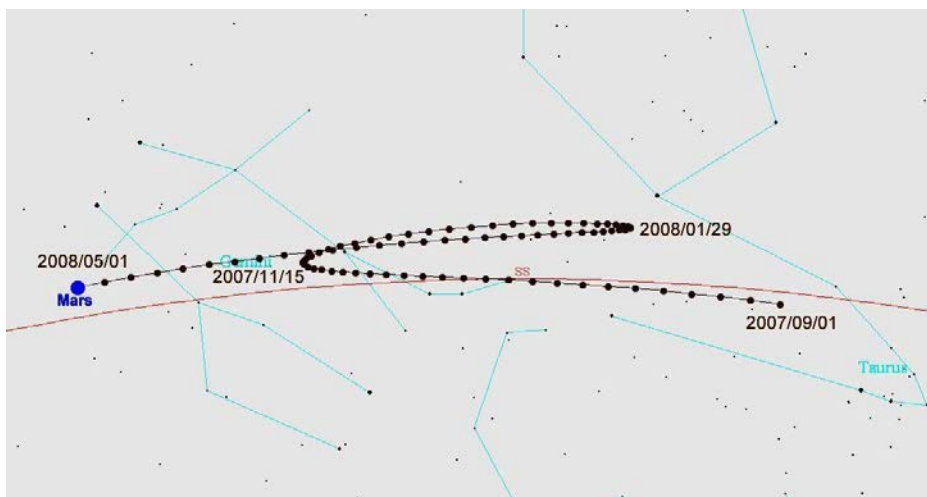
Obrázek 1: Starověký geocentrický systém uspořádání světa, jak jej v díle *Cosmographia* z roku 1524 představil Peter Apianus (Wikipedia, volné dílo).

Všimněme si také toho, že starověkých planet je sedm. Těchto sedm planet dalo jména dnům v týdnu (dodnes v některých jazycích znějí) i sedmi kovům, se kterými pracovali starověcí a středověcí alchymisté.

Je to jinak

Už zmíněný Aristarchos ze Samu při pozorování zatmění Měsíce, o němž si správně myslel, že je způsobeno stínem Země, přišel nejen na to, že Země je kulatá (podle tvaru stínu), ale také odvodil, že Měsíc má ve srovnání se Zemí asi třetinovou velikost. Pokoušel se také odhadnout vzdálenost Měsíce a Slunce od Země, a hlavně: dospěl k závěru, že uprostřed světa je Slunce! Jeho myšlenky se však neprosadily. Ba naopak – na sedmnáct století byly zapomenuty.

Ještě ve druhém století našeho letopočtu Klaudios Ptolemaios zaznamenal, že planety na obloze „kličkují“. Vznik kliček ale vysvětlil pomocnými sférami a geocentrické uspořádání světa (tedy se Zemí uprostřed) zachoval.



Obrázek 2: Klička, kterou Mars vykonal v roce 2007/2008 při pohybu souhvězdími Býka a Blíženců. (Jan Veselý – s využitím simulátoru Stellarium).

Teprve v 16. století se myšlenka heliocentrického (se Sluncem uprostřed) uspořádání světa vrátila. Přišel s ní polský učenec Mikuláš Koperník v roce 1543. Muselo však uplynout ještě šest desetiletí, než byl tento pohled na svět přijat. Jevišťem dramatické změny pohledu na svět na přelomu 16. a 17. století byla Praha. Ke dvoru Rudolfa II. byl na doporučení Tadeáše Hájka z Hájku pozván Tycho Brahe, který svými důmyslnými úhloměry velmi přesně určoval polohy planet mezi stálicemi. Do Prahy přišel také německý matematik Johannes Kepler, který byl přesvědčeným zastáncem heliocentrické představy o světě. V roce 1609 pak Johannes Kepler publikoval ve spise *Astronomia nova* (Nová astronomie) první dva zákony pohybu planet, kterými dokázal, že planety obíhají okolo Slunce.



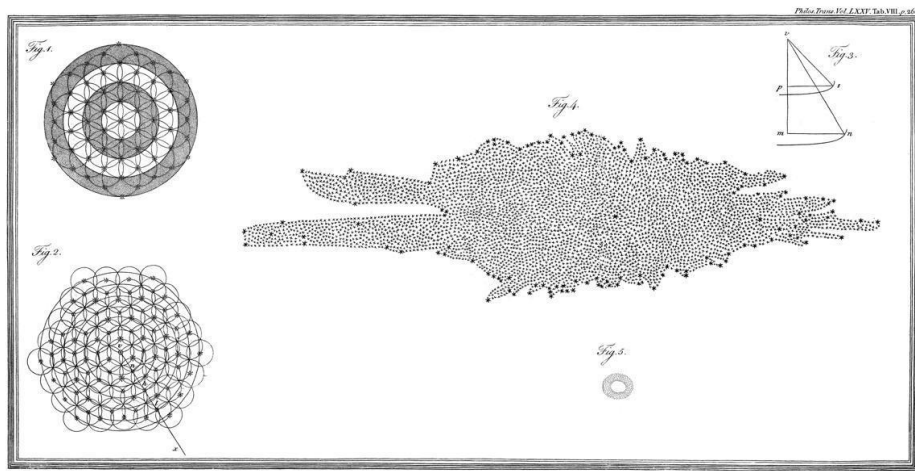
Obrázek 3: Sousoší Tychona Brahe a Johanna Keplera na pražském Pohořelci od Josefa Vajce.

V téže době italský učenec Galileo Galilei namířil na oblohu tehdy čerstvý vynález – dalekohled. Objevil krátery a pohoří na Měsíci, měsíce Jupiteru a fáze Venuše. Také zjistil, že Mléčná dráha je složená z hvězd. Tím nejen podpořil Keplerovy důkazy, že pravdu má Koperník, ale také ukázal, že planety nejsou jen „bludné hvězdy“, ale jsou to tělesa podobná naší Zemi. Právě tehdy získal pojem planeta dnešní význam.

Tip: O místech působení Tychona Brahe a Johanna Keplera se dočtete v brožuře Jana Mlynáře *Procházka Prahou fyzikální*.

Vesmír je mnohem větší

Galileův objev, že stříbřitý pás Mléčné dráhy, který se táhne oblohou, se v dalekohledu jeví jako nakupení ohromného množství hvězd, vedl o necelá dvě staletí později k definitivnímu rozbití představy, že hvězdy, jež tvoří souhvězdí, jsou umístěny na jakési nebeské sféře. Anglický astronom William Herschel odhadoval vzdálenosti hvězd na základě jejich jasnosti. A na konci 18. století dospěl k závěru, že vesmír – veškerý svět – má tvar hvězdného ostrova, v jehož centru se nachází Slunce.



Obrázek 4: „Průřez naší hvězdnou soustavou“ podle Williama Herschela.

Další vývoj pohledu na vesmír byl rychlý. V 19. století začali astronomové skutečně měřit vzdálenosti hvězd (Herschel je jen odhadoval). Záhy přišli na to, že Slunce není ani uprostřed našeho hvězdného ostrova. A na začátku

20. století Edwin Hubble ukázal, že naše Mléčná dráha je jen jedním z mnoha „ostrovních vesmírů“ (tak Hubble popisoval objekty, které dnes nazýváme galaxiemi). Krátce nato, na základě měření tzv. Dopplerova posuvu při analýze světla těchto vzdálených (a vzdalujících se) objektů, která konal především Vesto Slipher, dokázal Hubble také pravdivost teoretických závěrů Georgese Lemaîtrea – vesmír se rozpíná a žádný střed vlastně nemá!

Tip: O Christianu Dopplerovi a jeho působení v Praze se dočtete v brožuře Jana Mlynáře *Procházka Prahou fyzikální*.

Jak daleko je nebe?

Pojďme si udělat představu o vzdálenostech ve vesmíru. Běžné jednotky, jako jsou metry či kilometry, nám nestačí – dostávali bychom naprosto nesrozumitelná a nepředstavitelná čísla. Naštěstí můžeme využít toho, že světlo, ačkoli se šíří prostorem obrovskou rychlostí – téměř 300 tisíc kilometrů za sekundu, potřebuje jistou (a někdy docela dlouhou) dobu, než někam doletí. A vzdálenosti převedené na časové údaje nám přece jen poskytnou dobrou představu:

- Ze Země na Měsíc letí světlo 1,25 sekundy.
- Ze Slunce k Zemi už průměrně 8 minut a 20 sekund.
- K Jupiteru sluneční světlo doletí za 45 minut a k Saturnu za 80 minut (Saturn je téměř dvakrát dále než Jupiter).
- K nejbližší hvězdě, Proximě ze souhvězdí Kentaura, to světlu ze Slunce trvá 4,25 roku.
- Od hvězd, které na obloze vidíme očima, k nám světlo letí desítky, stovky a tisíce roků.
- Průměr naší Galaxie (Mléčné dráhy) je 100 tisíc světelných roků.
- Vzdálenosti mezi blízkými hvězdnými ostrovy, které se vzájemnou gravitací drží společně v kupách galaxií, se pohybují v milionech až desítkách milionů světelných roků.
- Kupy galaxií dělí vzdálenosti stovek milionů a miliard světelných roků.

- Nakonec přichází na řadu pojem pozorovatelný vesmír – je-li vesmír starý necelých 14 miliard roků, z větší vzdálenosti než 14 miliard světelných roků k nám nemohlo doletět světlo. To je největší vzdálenost, v níž můžeme pozorovat vesmírné objekty.

Můžeme se také zamýšlet nad tím, že ty nejvzdálenější galaxie vidíme v místě, kde byly před téměř 14 miliardami let, ale za dobu, než jejich světlo doletělo k nám, se díky rozpínání vesmíru nacházejí mnohem dále – a bude to pravda. Je to však už jen filozofická otázka. Podstatným závěrem je to, že naše Sluneční soustava, která kdysi představovala veškerý svět, je jen nepatrně maličkou částí vesmíru.

Kolik je planet?

I ta naše maličká část vesmíru zaměstnává astronomy po celá staletí spoustou otázek. A není divu. Je to náš vesmírný domov. Odpověď na zdánlivě jednoduchou otázku, kolik okolo Slunce obíhá planet, dává astronomům zabrat dokonce i ve 21. století. Citujme část jedenácté z Nerudových písní kosmických:

V pusté jsme nebeské končině,
Slunce i se planetami,
jinde je světů jen naseto,
my jsme tak světově sami!

My když i nožičky vyšvihnem
do šipkových světelných skoků,
letíme k nejbližší sousedce
předce jen trojici roků.

„Paničko Alfo Kentauri,
poptávce dovolte ňáké,
matička Slunce se dává ptát,
máteli dětičky také.

Nás je Vám, stydno až vyslovit!
je nás tam doma jak smetí,
matička zvláštní má „hvězdáře“,
kteří jí sčítají děti.

(NERUDA, Jan *Písně kosmické*, 1878; zdroj: Česká elektronická knihovna)

Jan Neruda, který astronomii soukromě studoval na pražské univerzitě u prof. Aloise Šafaříka, nejen popisuje vzdálenost nejbližší sousední hvězdy, ale také s jemným humorem naráží na turbulence okolo počtu planet, které proběhly v 19. století. Historicky nejvyšší počet planet, který pronikl i do školních učebnic, byl 11. Okolo poloviny 19. století totiž byla mezi planety počítána i nově objevená tělesa na drahách mezi Marsem a Jupiterem. Výčet planet tehdy zněl: Merkur, Venuše, Země, Mars, Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Jupiter, Saturn, Uran. Planeta Neptun byla objevena až v roce 1846 a spolu s objevy mnoha a mnoha nových těles mezi Marsem a Jupiterem způsobila velké škrty v seznamu planet. Historie se pak ještě opakovala v roce 2006, kdy astronomové na Valném shromáždění Mezinárodní astronomické unie, které se konalo v Praze, přijali kvůli množícím se objevům nových těles za Neptunem definici planety Sluneční soustavy a ze seznamu planet vyškrtnli Pluto. Nicméně i v dnešní době astronomové pátrají po hypotetické vzdálené planetě, pracovně anglicky pojmenované Planet Nine (planeta Devět).

Sluneční zoo

Tělesa Sluneční soustavy jsou od roku 2006 rozdělena do čtyř kategorií:

- 1) planety
- 2) trpasličí planety
- 3) malá tělesa (komety, planetky/asteroidy, meteoroidy)
- 4) měsíce (planet, trpasličích planet, planetek)

Trpasličích planet je v současnosti pět plus několik kandidátů. Od „normálních“ planet se liší tím, že své okolí neovládají gravitací. Měsíců těles Sluneční soustavy známe stovky. Malá tělesa jsou obecně nepravidelné kusy skal různých velikostí. Planetek (neboli asteroidů) je tolik, že je spočítat neumíme. Odhadujeme, že jen v pásu mezi Marsem a Jupiterem je asi milion planetek větších než jeden kilometr. Komety k nám většinou přicházejí z Oortova oblaku – zásobárny malých těles, jejíž neostrá vnější hranice leží až v polovině cesty k sousedním hvězdám. Je dokonce možné, že celková hmotnost malých těles je několikanásobkem hmotnosti všech planet.

Je toho ještě hodně, co o tělesech Sluneční soustavy nevíme. A tak se pojďme soustředit na ta nejlépe prozkoumaná – osm planet. Jejich „tělesné rozměry“ a další charakteristiky snadno najdeme v internetových i tištěných encyklopediích. Uvedme si teď u každé planety jen několik zajímavostí.

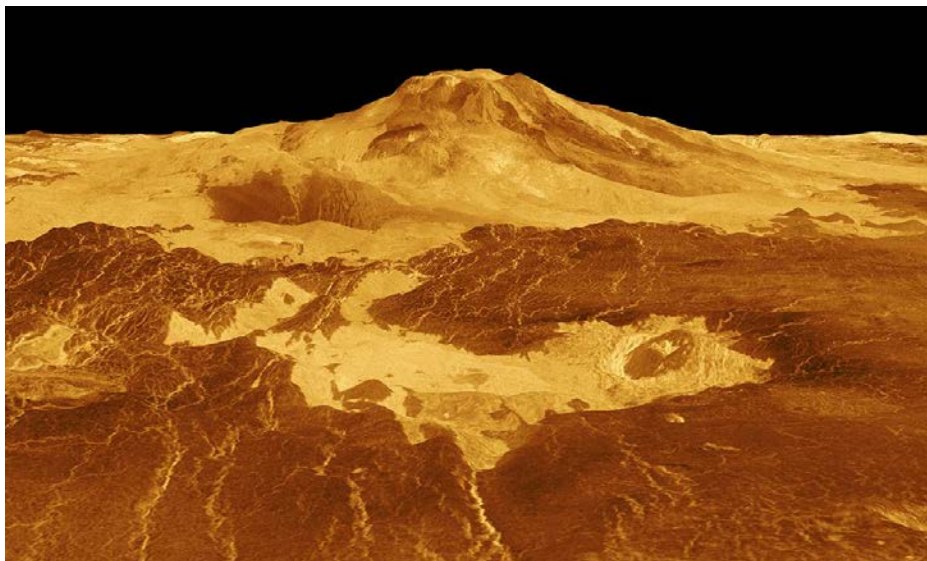
Merkur



Obrázek 5: Pánev Caloris na Merkuru, mozaika snímků pořízených sondou MESSENGER (NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington).

- Teplota na Merkuru klesá v noci na $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ a ve dne může vystoupat až na $+430\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Nejteplejším místem na Merkuru je pánev Caloris (na obrázku v nepravých barvách).

Venuše



Obrázek 6: Sopka Maat Mons na obrázku vytvořeném pomocí radarových dat sondy Magellan (NASA/JPL).

- Venuše byla římskou bohyní lásky a krásy.
- Povrchové útvary dostávají ženská jména (jednou z výjimek je Maxwellovo pohoří).
- Osm kilometrů vysoká sopka Maat Mons nese jméno staroegyptské bohyně spravedlnosti.

Země



Obrázek 7: Život na korálovém útesu (pixabay.com, volné dílo).

- Zatím jediná planeta, na níž se prokazatelně nachází život.
- Jediná přirozená družice Země se jmenuje Měsíc – přemýšleli jste někdy o tom, že měsíce ostatních planet mají svoje zvláštní jména, zatímco jedině ten náš se přímo jmenuje Měsíc?
- Měsíc také zřejmě stabilizuje sklon zemské osy a díky tomu nedochází na Zemi k rychlým a velkým klimatickým výkyvům, způsobuje příliv a odliv – tím se Měsíc významně podílí na udržování podmínek vhodných pro život.
- Měsíc je nejvzdálenější místo ve vesmíru, kam se ze Země odvážíli vydat lidé – Země a Měsíc tak tvoří vzájemně provázanou dvojici.

Mars



Obrázek 8: Sonda Curiosity v kráteru Gale si dokáže pořídit „selfie“ (NASA/JPL-Caltech/MSSS).

- Mars je planeta, na které jednou možná přistanou lidé. Zatím povrch planety zkoumají roboti.
- Od roku 2012 na něm pracuje pojízdná sonda Curiosity, od roku 2021 její „sestřenice“ Perseverance.
- V minulosti byla na povrchu Marsu voda v kapalném skupenství, ale v současnosti fyzikální podmínky (nízký tlak) existenci vody na Marsu neumožňují.

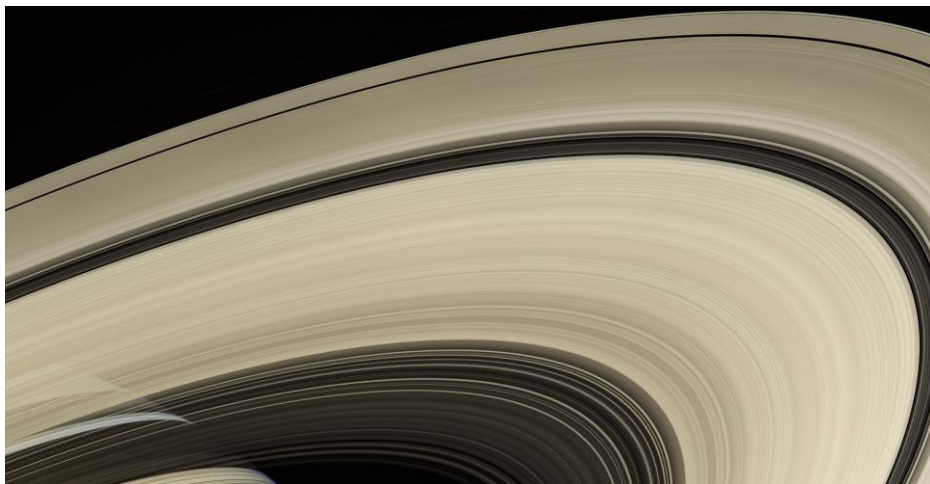
Jupiter



Obrázek 9: Velká červená skvrna – bouře v atmosféře Jupiteru na snímku pořízeném sondou Voyager 1 (NASA/JPL-Caltech).

- V atmosféře plynného obra pozorujeme řadu vírů.
- Velká červená skvrna je bouře větší než celá planeta Země.
- U Jupiteru známe 79 měsíců, ale astronomové stále objevují další.

Saturn



Obrázek 10: Detail prstenců Saturnu na fotografii pořízené sondou Cassini (NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute).

- Saturnovy prstence jsou tvořeny jednotlivými kusy ledu, jejichž rozměry sahají od prachových zrnků až po metrové ledovce.
- U Saturnu astronomové momentálně (2021) registrují nejvíc měsíců, a to 82.

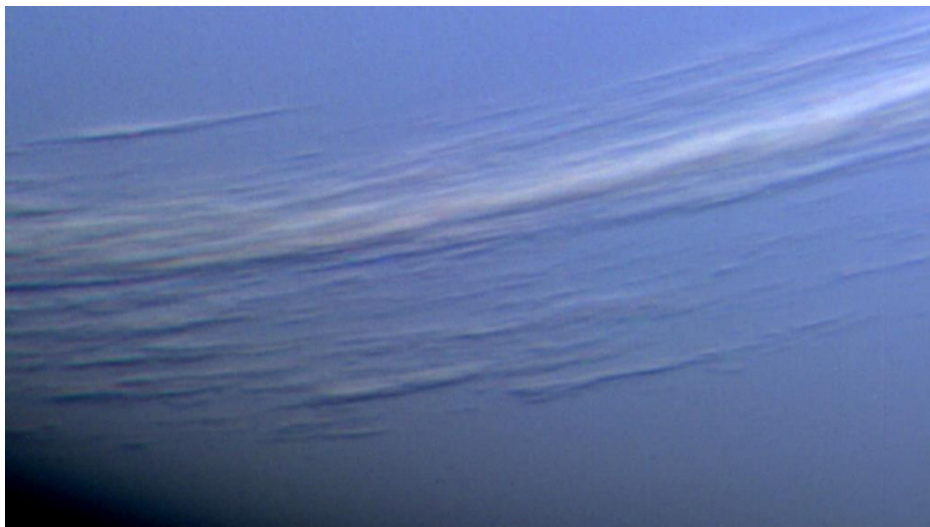
Uran



Obrázek 11: Uran na snímku ze sondy Voyager 2 (NASA/JPL-Caltech).

- Uran je první planetou, jež byla objevena dalekohledem (William Herschel, 1781).
- Rotační osa planety má sklon 98° – Uran tedy na dráze okolo Slunce „válí sudy“.

Neptun



Obrázek 12: Oblaka v atmosféře Neptunu na fotografii pořízené sondou Voyager 2 (NASA/JPL-Caltech).

- Planeta, kterou astronomové nejprve vypočítali a teprve podle výpočtu ji v roce 1846 našli na obloze.
- V atmosféře byla naměřena nejvyšší rychlost větru 1770 kilometrů za hodinu – to je 1,5 násobek rychlosti zvuku.

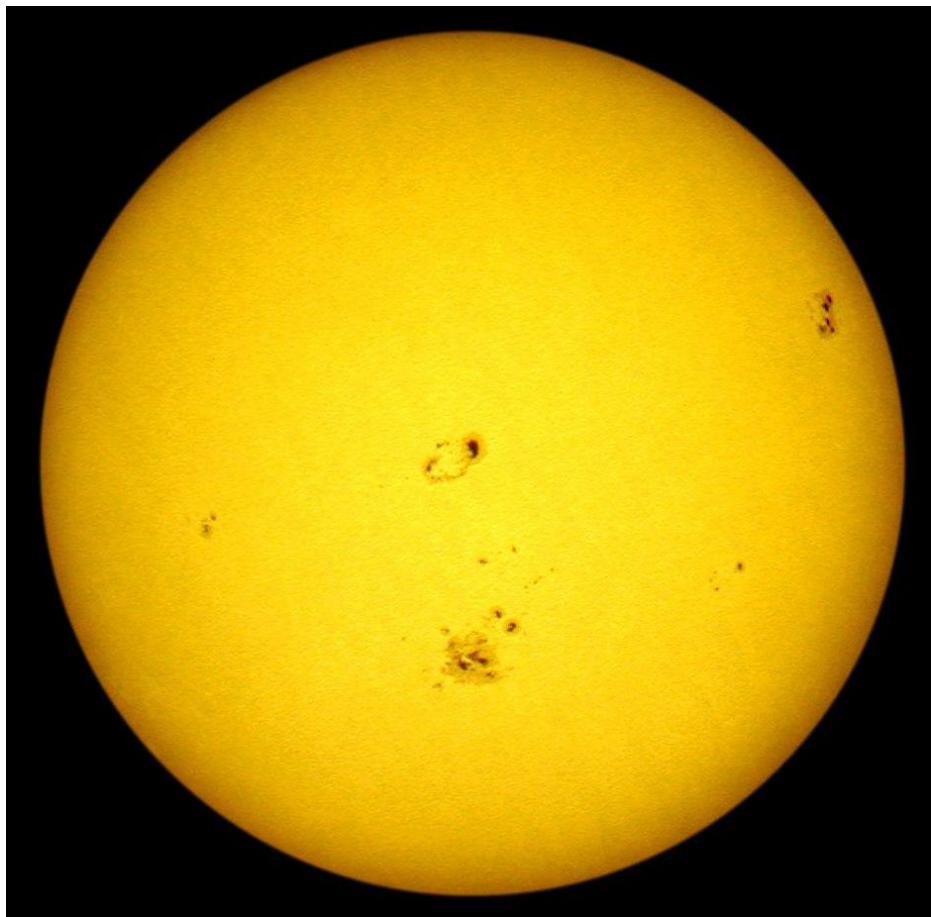
Jak veliké je Slunce?

Slunce je hvězda. Od ostatních hvězd – stálíc na obloze – se liší především tím, že jsme k němu blízko, a proto vypadá větší a ostatní hvězdy přesvítí.

Ve Sluneční soustavě je zdaleka největším a nejhmotnějším tělesem, a proto svou gravitací ovládá celou tu sluneční zoo, kterou jsme si právě představili.

Čím se Slunce liší od planet?

- Svítí, vydává vlastní světlo (planety nesvítí, jen odrážejí světlo sluneční).
- Jako každá hvězda, je Slunce koule žhavých plynů. Na jeho povrchu je teplota 6000°C , v jeho jádru, kde se při termonukleárních reakcích uvolňuje energie, z níž většinu Slunce vydává ve formě záření, teplota přesahuje 15 milionů $^{\circ}\text{C}$. Mimochodem, fyzikové napodobují proces, který probíhá ve Slunci, v tzv. tokamacích při teplotách, které jsou ještě desetkrát vyšší.
- Slunce je mnohem větší než planety. Je 333 000krát hmotnější než Země. Jeho hmotnost je dokonce téměř tisíckrát větší než hmotnost všech osmi velkých planet dohromady.



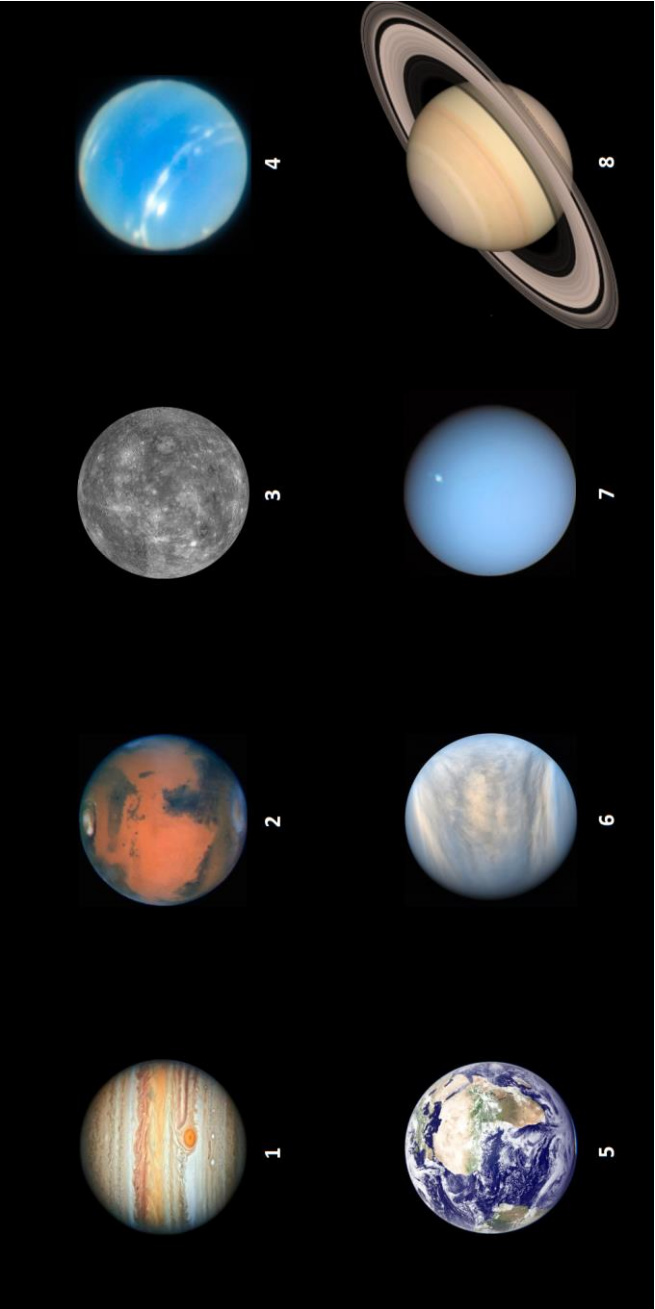
Obrázek 13: Slunce s velkými skvrnami fotografované 28. 10. 2003.

Poznejme planety

Všimli jste si, že jsme se až dosud vyhýbali údajům o velikosti planet a jen naznačili, jak je to s jejich vzdáleností? Jejich poznávání je cílem následující výtvarné aktivity a také procházky Sluneční soustavou.

Kvíz:

Na následujícím obrázku jsou všechny planety záměrně stejně veliké. Jedná se o snímky pořízené různými kosmickými sondami. Fotografie byly vybrány tak, aby barvy planet odpovídaly tomu, co by viděly naše oči. Na mnoha snímcích kosmických sond jsou totiž planety znázorněny v nepravých barvách, které slouží ke zvýraznění některých důležitých útvarů na planetách nebo reprezentují pro nás neviditelné druhy záření. Přiřadte k číslům z obrázku správná jména planet.



Přřaďte k jednotlivým planetám čísla z obrázku (Zdroj fotografií: photojournal.jpl.nasa.gov)

Merkur _____	Venuše _____	Země _____	Mars _____
Jupiter _____	Saturn _____	Uran _____	Neptun _____

Planetární stezka – návod

Když známe všechny planety, můžeme se teď pustit do výroby modelu, díky kterému poznáme nejen velikosti planet, ale pochopíme také, jak jsou uspořádány z hlediska vzdálenosti od Slunce. Uprostřed brožury jsou dva listy s předlohou omalovánky a vystřihovánky planet. Všechny planety jsou tam ve stejném měřítku – jsou miliardkrát zmenšené oproti skutečnosti.

Obě předlohy s obrázky planet si vyjměte z brožury. Můžete si je také okopírovat na papír formátu A4, abyste mohli modelů Sluneční soustavy udělat více. Pokud je okopírujete nebo vytisknete například na čtvrtku, budou modely planet pevnější, ale je vyzkoušeno, že po slepení dvou polokoulí jsou planety dostatečně pevné, i když jsou vytištěny na obyčejném kancelářském papíře.

Planety vymalujte pastelkami například podle předchozího obrázku, který je zachycuje v barvách, jaké by na nich viděly naše oči. Můžete také zkusit pátrat třeba na internetu nebo v encyklopediích o vesmíru, kde najdete spousty obrázků planet.

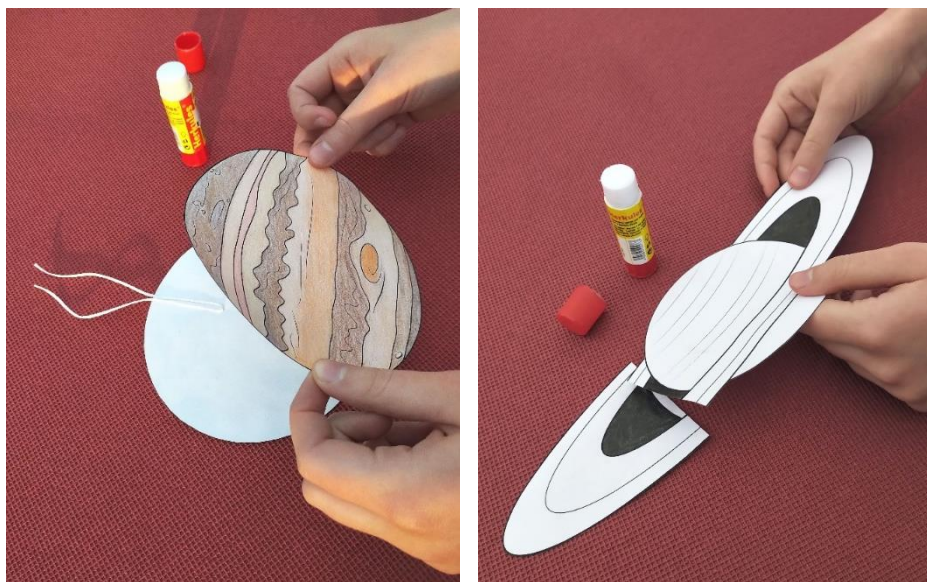
Tip: Na obrázcích v této brožurě i na internetu si všimněte, že prostor mezi Saturnem a jeho prstencem je tmavý, černý. Aby model vypadal co nejméně, hodí se vybarvit „prázdko“ mezi planetou a jejím prstencem černou pastelkou).

Všimněte si, že každá planeta je na předloze dvakrát – každá má dvě polokoule, mezi které později vlepíme provázek nebo tlustou nit. Slepáním dvou polokoulí se také naše modely planet zpevní.

Procházka Sluneční soustavou

Po vybarvení planety pečlivě vystříhněte. Zapamatujte si, která je která – hlavně Uran a Neptun se docela snadno spletou. Ustříhněte 15 cm dlouhý provázek nebo tlustou nit, natřete obě polokoule planety ze zadní nenabarvené strany lepidlem (stačí použít tyčkové kancelářské lepidlo), vložte mezi ně provázek přeložený napůl – tak, aby zůstaly volné dva konce. Nakonec polokoule slepte.

Tip: U Saturnu budete muset nejdříve slepit každou polokouli s prstencem ze dvou dílů a pak teprve obě poloviny s vloženým provázkem k sobě. Planety nechte dobře zaschnout, aby provázek držel.



Obrázek 14: Sestavení planet.

Zatímco slepené planety schnou, můžeme si rozmyslet, jak je správně rozmístit v prostoru, tedy jaké jsou vlastně mezi planetami vzdálenosti.

Nejprve je třeba určit, jak jdou za sebou. Ale to víme. Básničku Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun (teď už víme, že bez Pluta) jsme recitovali už na začátku.

A ještě je třeba určit správné vzdálenosti. Ve skutečné Sluneční soustavě se vzdálenosti planet od Slunce a mezi nimi navzájem měří v milionech, ale spíš ve stovkách milionů a miliardách kilometrů. Nejvzdálenější Neptun je 4,5 miliardy kilometrů od Slunce, to je 4,5 milionů milionu metrů. Když to číslo napíšeme celé, vypadá takto: 4 500 000 000 000 metrů.

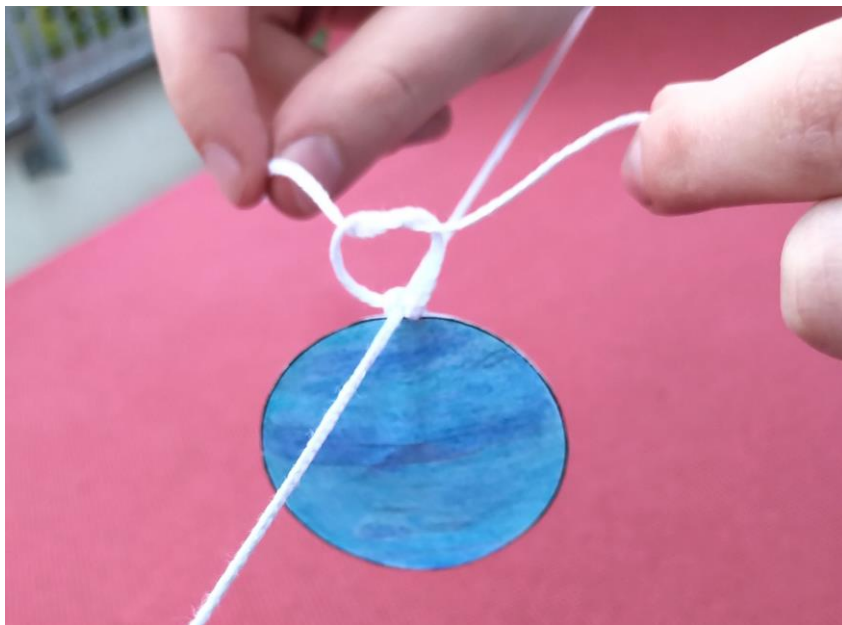
Pojďme si Sluneční soustavu zmenšit, ať nás ta obrovská čísla nezavalí. A bude to docela snadné, prostě škrtneme těch jedenáct nul: 4 500-000-000-000-metrů a dostaneme pro Neptun vzdálenost 45 metrů. Je to největší vzdálenost v našem zmenšeném modelu Sluneční soustavy. Přehled všech správných vzdáleností v modelu je v tabulce 1. Jednodušší, než měřit metry a centimetry, možná bude vzdálenosti krokovat.

Tabulka 1: Vzdálenosti planet

planeta	vzdálenost od Slunce	vzdálenost od Slunce
Merkur	60 centimetrů	1 krok
Venuše	110 centimetrů	2 kroky
Země	150 centimetrů	3 kroky
Mars	230 centimetrů	4 kroky
Pozor, skok! 😊		
Jupiter	8 metrů	13 kroků
Saturn	14 metrů	23 kroků
Uran	29 metrů	48 kroků
Neptun	45 metrů	75 kroků

Ted' už zbývá jen zavěsit hotové planety do správných vzdáleností. Pozor, jsou to vzdálenosti od Slunce – takže se při krokování vždycky musíme vrátit na začátek a odtud krokovat správnou vzdálenost planety.

Budeme tedy potřebovat provázek dlouhý alespoň 45 metrů (a kousek) nebo také 75 kroků. Můžeme jej uvázat třeba mezi sloupy pouličního osvětlení podél chodníku. Nebo poprosit přátele, ať provázek podrží. Na jednom konci provázku si představíme Slunce. Je tak veliké, že kdyby mělo být ve správném poměru k našim modelům planet, muselo by mít průměr skoro 1,5 metru. Pokud máme možnost, můžeme si Slunce třeba nakreslit na zem křídou. Planety do správných vzdáleností pak můžeme přivázat rovnou na dvojitý uzel, aby dobře držely.



Obrázek 15: Připevnění planet.

Hotovo! Vytvořili jsme model Sluneční soustavy – planetární stezku. Obsahuje všechny planety v měřítku $1 : 1\,000\,000\,000$ (jedna ku miliardě). Vzdálenosti ovšem máme v měřítku stokrát menším, tedy $1 : 100\,000\,000\,000$ (jedna ku sto miliardám). Skutečné vzdálenosti jsou, a pro lidi navždy zůstanou, nepředstavitelné. Náš model nám alespoň umožní udělat si představu o poměrech mezi vzdálenostmi planet. A možná nás některé ty poměry docela překvapí.

Pojďme se podél stezky projít:

- Vidíme, jak jsou planety Merkur, Venuše, Země a Mars „namačkané“ k sobě a naopak Jupiter, Saturn, Uran a Neptun daleko od sebe i od Slunce.
- A všimněme si také, jak jsou první čtyři planety maličké. A to máme ještě ke všemu všechny modely planet stokrát větší, než by měly být vzhledem ke vzdálenostem, do kterých jsme je umístili.
- Co mají ještě společného Merkur, Venuše, Země a Mars?
- Co společného mají planety Jupiter, Saturn, Uran a Neptun?

Tip: V našem modelu Sluneční soustavy nemáme žádný z měsíců planet. Možná by stálo za to vyrobit alespoň model našeho Měsíce. Aby byl model Měsíce správně velký, nakreslete si na volnou plochu v omalovánce planet kružnici velkou 3,5 mm a vybarvěte ji podobně jako Merkur (jistě jste si všimli, že se na fotografiích Merkur našemu Měsíci nápadně podobá). Můžete udělat dvě polokoule. Ale nebude třeba mezi ně lepit provázek, a to proto, že v našem modelu máme vzdálenosti stokrát menší oproti velikostem těles – Měsíc se tudíž má nacházet pouhé 4 milimetry od středu Země. Svůj model Měsíce tedy prostě nalepte přímo na okraj modelu Země.

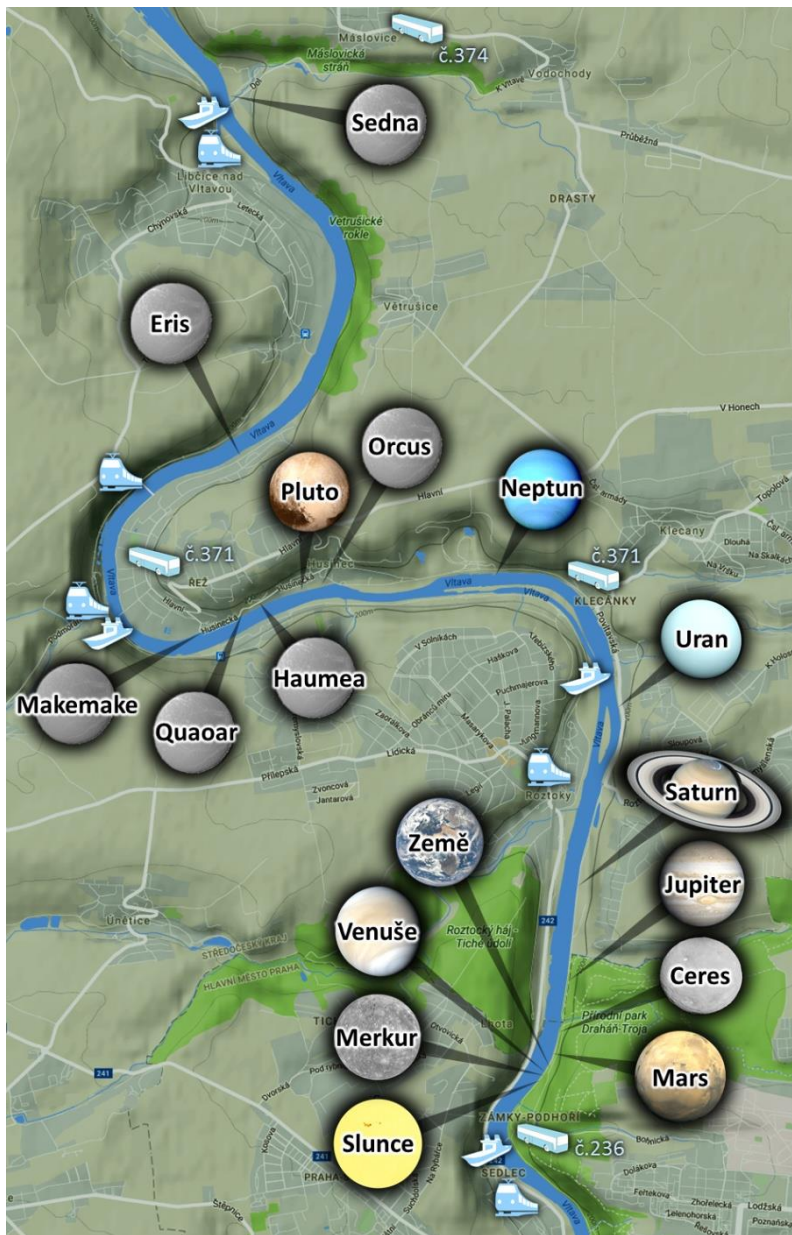
Varianty:

- Krátká planetární stezka se vejde i domů. Když v tabulce 1 všechny vzdálenosti v centimetrech a metrech vydělíme deseti, vejde se celá Sluneční soustava na provázek dlouhý 4,5 metru.

- Chcete-li se skupinou přátel nebo s vnoučaty udělat pořádnou stezku třeba v lese nebo parku, vynásobte všechny vzdálenosti v krocích deseti. Stezka bude dlouhá 450 metrů. Planety pak zavěste třeba na větve správně vzdálených stromů a k nim můžete přidat i různé naučné úkoly pro ostatní. Měřítko velikostí planet zůstane stejné – jedna ku miliardě – vzdálenosti planet v tomto „lesním“ modelu pak budou desetkrát menší, než by odpovídalo jejich velikostem.
- Chcete-li zažít planetární stezku na vlastní nohy a bez kompromisů, máme pro vás tip na výlet: navštivte velkou naučnou planetární stezku dlouhou 4,5 km. První se u nás objevila v Hradci Králové v roce 2004. Dnes jich je ale mnohem víc. Jsou také v Praze, Proseči, Vestci, Opavě, Uherském Brodě...

Tip na výlet: Planetární stezku najdete například u Geofyzikálního ústavu AV ČR na Spořilově. Ta nejnovější a nejdokonalejší vede podél Vltavy a obsahuje nejen Slunce a planety, ale také řadu velkých měsíců planet a trpasličí planety. Je to krásná procházka Sluneční soustavou.

Stezku vybudovala skupina Hvězdolet a spravuje ji pražský Kosmoklub. Poučení o Sluneční soustavě na ní lze spojit s procházkou nádherným vltavským údolím po cyklostezce a turistické pěšině. Začátek a konec stezky navazuje na veřejnou dopravu. Interaktivní mapu najdete na www.hvezdolet.cz (obrázek 16).



Obrázek 16: Planetární stezka údolím Vltavy.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Starověký geocentrický systém uspořádání světa.....	6
Obrázek 2: Klička, kterou Mars vykonal na obloze v roce 2007/2008.....	7
Obrázek 3: Sousoší Tychona Brahe a Johanna Keplera.	8
Obrázek 4: „Průřez naší hvězdnou soustavou“ podle Williama Herschela	10
Obrázek 5: Pánev Caloris na Merkuru	17
Obrázek 6: Sopka Maat Mons na Venuši	18
Obrázek 7: Život na korálovém útesu	19
Obrázek 8: Sonda Curiosity v kráteru Gale si dokáže pořídit „selfie“	20
Obrázek 9: Velká červená skvrna – bouře v atmosféře Jupiteru	21
Obrázek 10: Detail prstenců Saturnu.....	22
Obrázek 11: Uran na snímku ze sondy Voyager 2	23
Obrázek 12: Oblaka v atmosféře Neptunu	24
Obrázek 13: Slunce s velkými skvrnami fotografované	26
Obrázek 14: Sestavení planet	30
Obrázek 15: Připevnění planet	33
Obrázek 16: Planetární stezka údolím Vltavy	36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vzdálenosti planet.....	32
------------------------------------	----

Poznámky:

