

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**POWERPOINTOVÉ PREZENTACE  
ASTRONOMICKÝCH POZNATKŮ A OVĚŘENÍ  
JEJICH ÚČINNOSTI VE VÝUCE FYZIKY NA  
GYMNÁZIU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**PhDr. Jana Drhová**

*Učitelství pro 3. stupeň SŠ, obor Bi-Fy*

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.

**Plzeň, 2014**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 14. dubna 2014

.....

vlastnoruční podpis

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta pedagogická  
Akademický rok: 2012/2013

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mgr. Jana DRHOVÁ**  
Osobní číslo: **P12N0112P**  
Studijní program: **N7504 Učitelství pro střední školy**  
Studijní obory: **Učitelství biologie pro střední školy**  
**Učitelství fyziky pro střední školy**  
Název tématu: **PowerPointové prezentace astronomických poznatků a ověření jejich účinnosti ve výuce fyziky na gymnáziu**  
Zadávající katedra: **Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

1. astronomické poznatky v rámcových vzdělávacích programech pro gymnaziální vzdělávání a jejich odraz v ŠVP na Gymnáziu Blovice.
2. vytvoření PowerPointových prezentací pro výuku astronomických poznatků na Gymnáziu Blovice ve fyzice.
3. pilotní ověření účinnosti některých vytvořených prezentací.

Rozsah grafických prací: (přibližně 10 prezentací s rozsahem cca 30 snímků)

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 60

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Encrenaz T., Bibring J.-P. The Solar System.

Berlin: Springer Verlag, 1991.

Blanco F. An Introduction to Stellar Astrophysics.

Chichester: John Wiley & Sons, 2010.

Internet (například <http://planety.astro.cz>,


<http://objekty.astro.cz>, stránky NASA, ...)

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.**


Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Datum zadání diplomové práce: **3. prosince 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2014**

  
Doc. PaedDr. Jana Coufalová, CSc.  
děkanka



  
Doc. PaedDr. Jarmila Honzilková, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 6. prosince 2012

## Obsah

1 Úvod .....	2
2 Astronomické prezentace .....	3
3 Sluneční soustava.....	5
4 Merkur.....	6
5 Venuše.....	11
6 Země.....	20
7 Mars .....	25
8 Jupiter.....	30
9 Saturn .....	36
10 Uran.....	48
11 Neptun.....	51
12 Trpasličí planety .....	58
13 Planetky.....	61
14 Komety .....	63
15 Slunce .....	65
16 Ověření účinnosti prezentací .....	79
17 Vyhodnocení účinnosti u planety Merkur .....	80
17 Vyhodnocení účinnosti u planety Venuše .....	88
18 Vyhodnocení účinnosti u planety Neptun .....	95
19 Vyhodnocení účinnosti u planety Saturn .....	102
20 Vyhodnocení účinnosti u Slunce .....	109
21Souhrnné shrnutí .....	116
22 Závěr.....	119
23 Anotace .....	121
24 Summary .....	122
25 Literatura .....	123

# 1 Úvod

Cílem mé diplomové práce je ověření účinnosti PowerPointových prezentací z oblasti astronomie ve vyučovacím procesu. Téma diplomové práce jsem si vybrala z důvodu, že moje první diplomová práce se týkala vytvoření prezentací týkající se souhvězdí viditelných na severní polokouli. S vytvářením prezentací mám tedy dlouholeté zkušenosti. Nikdy jsem však neověřovala účinnost využívání PowerPointových prezentací v učebním procesu. Proto mě toto téma velmi zaujalo a vybrala jsem si ho jako druhou diplomovou práci. Zajímá mě, zda prezentace přispívají ke zvýšení získání znalostí nebo naopak odvádí pozornost studentů. V rámci hlavního cíle chci nejprve podrobně prozkoumat ŠVP gymnázia Blovice, kde pracuji jako učitelka fyziky a matematiky. Z oblastí v ŠVP týkajících se astronomie vyberu témata, kterými se budu v průběhu diplomové práce zabývat. Dalším úkolem bude vytvoření prezentací na dané téma a jejich použití v praxi. Než začnu ověřovat účinnost prezentací, vytvořím podrobný systém hodnocení a vyhodnocení jednotlivých témat a oblastí. Po vytvoření metodologie výuky i hodnocení budu ověřovat účinnost prezentací. Z celého šetření budu muset vytvořit souhrnné shrnutí.

Chtěla bych dále zjistit, jak výuka s prezentacemi ovlivňuje výuku víceletého gymnázia a studentů čtyřletého gymnázia. Mezi oběma skupinami studentů jsou velké rozdíly v prospěchu v průběhu studia i v maturitních výsledcích. Zároveň studenti víceletého gymnázia se v průběhu studia s prezentacemi setkávají nejen ve fyzice, ale i v ostatních předmětech. Naopak studenti čtyřletého studia mají s prezentacemi jen malé zkušenosti. Ráda bych proto zkoumala, zda bude účinnost prezentací záviset i na těchto aspektech.

## 2 Astronomické prezentace

Prvním dílčím úkolem diplomové práce je vytvoření prezentací na daná témata, která jsou součástí ŠVP gymnázia Blovice v oblasti týkající se astronomie. Rámcový plán je uložen na přiloženém CD jako příloha číslo 1. Důkladně jsem si tento plán prostudovala a vybrala jsem si oblast týkající se sluneční soustavy. Je to téma, které se vyučuje v kvartě v rámci vzdělávacích procesů ve fyzice a dále je toto téma zařazeno jako rozšiřující učivo v seminářích matematika a fyzika ve třetím a čtvrtém ročníku nebo v septimě a oktávě víceletého studia. Téma jsem zpracovala ve třinácti kapitolách, které mi byly podkladem pro tvorbu jednotlivých PowerPointových prezentací a jako obsah učiva pro frontální výuku. Kapitoly jsem nazvala podle těles, kterými se v dané kapitole zabývám.

Seznam kapitol:

Kapitola č. 3 – Sluneční soustava

Kapitola č. 4 – Merkur

Kapitola č. 5 – Venuše

Kapitola č. 6 – Země

Kapitola č. 7 – Mars

Kapitola č. 8 – Jupiter

Kapitola č. 9 – Saturn

Kapitola č. 10 – Uran

Kapitola č. 11 – Neptun

Kapitola č. 12 – Trpasličí planety

Kapitola č. 13 – Planetky

Kapitola č. 14 – Komety

Kapitola č. 15 – Slunce

PowerPointových prezentací je dvanáct, protože jsem spojila kapitolu týkající se planetek a komet. Při tvorbě prezentací jsem postupovala systematicky. Nejprve jsou zařazeny charakteristiky, jako je pozice planety ve sluneční soustavě, doba oběhu kolem slunce, délka rotace, vzdálenost planety od Slunce a její průměr a velikostní srovnání se Zemí. Následuje stavba planety, kde se zabývám jednotlivými částmi planety, jako je jádro, plášť a kůra a jejich chemickým složením. Pokud má planeta atmosféru, je zařazena k této části. Pak se soustředím na viditelný povrch tělesa a na útvary na povrchu tělesa.

Následují přirozené satelity, a pokud se dá těleso dobře pozorovat, tak také podrobnosti k pozorování. V případě Slunce jsem postupovala stejně, pouze atmosféra je rozdělena na své tři hlavní části: fotosféru, chromosféru a korónu. Ke každé části jsem přiřadila děje a jevy, které jsou v této oblasti pozorovatelné. Kapitola týkající se Slunce končí příčinami zatmění Slunce a jeho průběhem. V prezentaci, kde se zabývám trpasličími planetami, začínám definicí pojmu trpasličí planeta a pak následují jednotliví zástupci této skupiny těles. U prezentace týkající se planetek a komet se nejprve zabývám planetkami, jejich výskytem ve sluneční soustavě a složením těchto těles. U komet popisují jejich jednotlivé části, jako je jádro komety, koma a ohon. Děním komety na krátkoperiodické a dlouhoperiodické. Poslední části prezentace se týkají tří nejvýznamnějších komet. Na ukázkou přikládám stránky prezentací, které jsem použila při ověřování účinnosti prezentací. Jsou to prezentace týkající se Merkuru, Venuše, Saturnu, Neptunu a Slunce. Všechny prezentace jsou na přiloženém CD v příloze číslo 2.

Ověření účinnosti jsem realizovala v rámci semináře matematiky a fyziky. Ten vyučuji na gymnáziu Blovice pro studenty třetího a čtvrtého ročníku čtyřletého studia a pro studenty septimy a oktávy osmiletého studia. Při ověřování jsem si studenty rozdělila do dvou skupin podle typu studia na gymnáziu. Abych mohla ověřit účinnost prezentací, musela jsem vždy dané téma probírat u jedné skupiny frontální metodou bez použití prezentace a v druhé skupině s použitím prezentace. Poté jsem porovnávala množství získaných znalostí, které mi studenti napsali na prázdný papír. Ukázky některých lépe čitelných prací jsou na přiloženém CD v příloze číslo 4. Následující vyučovací hodinu, kdy se probíralo další těleso sluneční soustavy, jsem situaci obrátila.

Tím mohu porovnat nejen to, zda byla výuka daného tématu s pomocí prezentace účinnější než bez prezentace, ale i porovnat účinnost využití prezentací mezi oběma skupinami. Zároveň tím eliminuji při zkoumání účinnosti prezentací rozdíl mezi skupinami. Obsah učiva ve skupině s prezentací i ve skupině bez prezentace shodný.

Při vyhodnocování jsem musela nastavit stejné podmínky pro obě skupiny. Zaměřila jsem se na hlavní znaky, jako jsou charakteristiky těles, jejich složení, atmosféry, magnetická pole, satelity atd. Také mě zajímaly souvislosti. Za přesně stanovenou znalost získávali studenti body. Cílem práce nebylo porovnávání jiných než obsahových aspektů. Neporovnávala jsem tedy například motivaci žáků, osvojování kompetencí ani jiné aspekty.



### 3 Sluneční soustava

„Naše hvězdná soustava nese jméno podle své jediné hvězdy Slunce. Součástí soustavy je osm planet. Planeta je nebeské těleso, které obíhá kolem hvězdy a má dostatečnou hmotnost, aby svojí vlastní gravitací překonalo vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze, tedy téměř tvaru koule. Svojí gravitací také musí být schopno vyčistit okolí své trajektorie.“ [1]

Merkur, Venuše, Země a Mars patří mezi terestrické neboli pevné planety, které jsou ke Slunci nejbliže. Další planety Jupiter, Saturn, Uran a Neptun patří do skupiny plyných planet nebo také plyných obrů. Mezi Marsem a Jupiterem se nachází hlavní pás planetek, který se skládá z asteroidů<sup>1</sup> a trpasličí planety Ceres.

„Trpasličí planeta je nebeské těleso, které obíhá kolem Slunce a má dostatečnou hmotnost, aby svojí vlastní gravitací překonalo vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze neboli tvaru přibližně koule. Svojí gravitací není schopno vyčistit okolí své dráhy<sup>2</sup> a nesmí být satelitem<sup>3</sup>. S výjimkou satelitů se pak všechny ostatní objekty obíhající kolem Slunce nazývají společným názvem malá tělesa sluneční soustavy. Jsou to asteroidy, komety a další malá tělesa.“ [1]

Za dráhou Neptuna se nachází řada trpasličích planet, asteroidů a kometárních jader, které jsou v oblastech nazvaných Kuiperův pás a Oortovo mračno. Kuiperův pás se nachází 30 až 50 au<sup>4</sup> od Slunce a s vysokou pravděpodobností jsou zde až desítky tisíc těles o velikostech větších než 100 kilometrů a miliardy těles větších než jeden kilometr. Oortovo mračno je oblast s poloměrem 20 000 au od Slunce mající tvar koule. Přímý důkaz existence této oblasti zatím není. Nachází se zde pravděpodobně hlavě jádra dlouhoperiodických komet a zbytky mlhoviny po formování sluneční soustavy. Tuto oblast gravitačně ovlivňují okolní hvězdy.

---

<sup>1</sup> U tohoto objektu se můžeme setkat se dvěma pojmy: asteroid a planetka. V textu používám obojí, aby studenti gymnázia znali oba pojmy.

<sup>2</sup> V astronomii se velmi často používá termín dráha ve smyslu trajektorie.

<sup>3</sup> U tohoto objektu se můžeme setkat se dvěma pojmy: satelit a měsíc. V textu používám obojí, aby studenti gymnázia znali oba pojmy.

<sup>4</sup> Astronomická jednotka = au viz. kapitola Země

<sup>5</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů je publikace [2]

## 4 Merkur

Merkur je první planetou sluneční soustavy. Planeta má excentrickou dráhu, takže se pohybuje po výrazné elipse, na rozdíl od ostatních planet, jejichž dráha se příliš neliší od kružnice. Pokud se planeta nachází v perihéliu (přísluní), je její vzdálenost od naší hvězdy  $46^{67}$  miliónů kilometrů. Naopak pokud se nachází v aféliu (odsluní), je Merkur vzdálen 70 miliónů kilometrů. Rozdíl mezi perihéliem a aféliem činí celých 24 miliónů kilometrů.

Jeden oběh kolem Slunce trvá Merкуру pouhých 88 dní, a tím se řadí do nejkratších oběhů všech planet. Jeho rotace je naopak pomalá, takže jeden den na planetě uplyne za 58 pozemských dní. Merkur je také nejmenší planetou naší soustavy, jeho průměr činí 4 879 kilometrů, takže by se do Země vešel 2,5krát. Rotační osa je kolmá k rovině oběhu Merкуру, a proto je den na jakémkoliv místě planety stejně dlouhý.

„Planeta vykazuje velmi slabé magnetické pole, jehož intenzita je pouhé 1 % intenzity magnetického pole Země. Pomalá rotace neumožňuje vytvoření silnějšího magnetického pole, proto se předpokládá existence velmi masivního železo-niklového jádra. Merkur své jádro získal pravděpodobně po srážce s jiným tělesem při formování sluneční soustavy. Část Merkurova pláště byla při této srážce odvržena do prostoru, a proto planeta má nyní jen velmi tenký plášť, který tvoří pouhou čtvrtinu poloměru planety. Magnetické pole Merкуру má kvadrupólový charakter a jeho intenzita se výrazně mění. Takovéto výkyvy v intenzitě v magnetosféře Země by měly za následek ztrátu ochranné magnetosféry a zániku života na Zemi.“ [3], [4]

Plášť je složen převážně z křemičitanů. Pod tímto pláštěm se nachází tenká vrstva pevného jádra tvořená sulfidem železnatým a podobnými materiály. Pod touto vrstvou je tekutá část jádra a uprostřed pevná slitina železa a niklu. Tento model odpovídá pozemskému modelu jádra, které při své rotaci funguje jako magnetické dynamo a vytváří magnetické pole kolem Země.

Průměrná hustota planety je  $5\,400\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , což je hlavně dáno velkým železo-niklovým jádrem. Horní křemičitanové vrstvy mají totiž mnohem nižší hustotu.

---

<sup>6</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Merkur, jsou publikace [3] až [12].

<sup>7</sup> Hodnoty číselných údajů jsou kvůli přehlednosti zaokrouhleny.

Povrch Merkuru vypadá jako náš Měsíc. Je poset krátery, ale zcela zde chybí moře, která jsou pro našeho souputníka typická. Na povrchu jsou patrné planiny, pánve, údolí, brázdy a již zmiňované krátery, které místy tvoří i řetězce. Tyto řetězce jsou pozorovány i na jiných tělesech naší sluneční soustavy a vznikly při dopadu tělesa, které se rozpadlo díky slapovému působení na více částí, které poté v sérii dopadly na povrch tělesa. U některých kráterů je také typický centrální pahorek. Tyto vrcholky vznikají při dopadu velkých těles, které svoji kinetickou energii rychle přenášejí do podloží prostřednictvím tzv. šokových vln. Kráter není vytvořen tělesem, které dopadá, ale explozí, která je důsledkem přeměny kinetické energie. Takže všechny krátery mají mnohem větší velikost, než je velikost dopadajícího tělesa. Po dopadu se v místě střetu vytváří dočasná kráterová dutina a rozdrčený materiál je vyvržen do okolí. Povrch se začne chovat plasticky a začne se vyzdvihovat a vzniká okrajový val a centrální oblast. Příkré strany dočasné dutiny jsou nestabilní a dochází ke sklouznutí stěn ke dnu kráteru. Jeho okraje mají díky tomu terasovitý charakter.

Řada kráterů se překrývá, podle doby vzniku. Při dopadu se část materiálu odvrhne do okolí a kolem kráterů vznikají typické paprsky z tohoto materiálu. U Merkuru paprsky nedosahují takových rozměrů jako u Měsíce, což je dáno větší gravitací planety. Tento jev je u kráterů na Merkuru spíše výjimečný. Dochází k překrytí paprsků díky dalším dopadům a vzniku nových kráterů. Krátery na Merkuru jsou ale díky gravitaci mělké, než je tomu například u Marsu. Největší prohlubeň na Merkuru nese jméno pánve Caloris a její průměr dosahuje 1 400 kilometrů. Vznikla po dopadu asteroidu. Při dopadu vznikly seismické vlny, které se šířily celou planetou a na opačné straně vytvořily zvláštní geologický útvar, jakési pohoří, jehož obdobu na zemském povrchu nepozorujeme. Na Zemi jsou pohoří vzniklá vrásněním nebo kernou činností. Toto pohoří vzniklo během impaktu vyvržením materiálu z povrchu Merkuru a jeho opětovného dopadu. Na protější straně planety je také patrná další o něco menší pánve, která dostala jméno Rembrandt a vznikla stejně jako největší pánve na Merkuru po dopadu asteroidu přibližně před 3,8 miliardami let.

Jak velké kovové jádro chladlo a zmenšovalo se, docházelo k postupnému vrásnění kůry planety. Vznikaly obrovské útesy a příkopy, které jsou patrné po celé planetě. Dosahují výšky až 2 kilometry a jsou dlouhé stovky kilometrů.

Díky malé hmotnosti Merkuru je jeho atmosféra nevýrazná, spíše žádná. Atmosférický tlak na povrchu Merkuru je pouhých  $2 \cdot 10^{-7}$  Pa a tedy  $5 \cdot 10^{11}$  krát menší, než je na Zemi

u hladiny moře. Plynný obal kolem planety je tvořen hlavně molekulami oxidu uhličitého, vodní páry, jader hélia, vodíku, sodíku, vápníku a draslíku. Molekuly oxidu uhličitého a vodní páry svědčí o přítomnosti nedávné sopečné aktivity, která ale nebyla příliš výrazná a ustala před 1 až 2,5 miliardami let. Zbytek částic jsou svědectvím dynamického působení slunečního větru, který bičuje povrch planety a vyráží tyto částice z jeho povrchu.

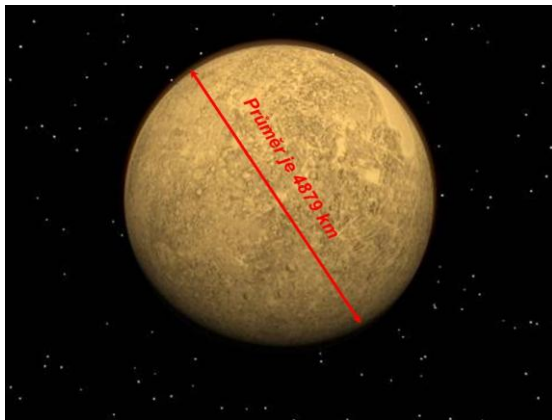
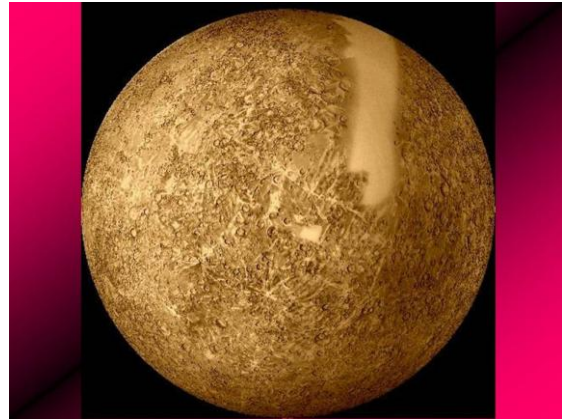
Nejnovější pozorování v polární oblasti ukazuje, že na Merkuru může být 100 miliard až 1 bilión tun vodního ledu. Na planetu se dostal jako u většiny těles naší soustavy, při dopadu komet a planetek z vnější oblasti, tedy z Kuiperova pásu a Oortova mračna. Led se také nachází v oblastech trvalého stínu, kde teplota nestoupá nad  $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Před slunečními paprsky je chráněn vrstvou regolitu, což je jemný prach a písek, který je spíše znám z Měsíce. Zároveň s touto novu objevenou informací se objevily i nové otázky. Je možné, aby na Merkuru byl nějaký organický materiál? Je možné, že na Merkuru existovala nebo existuje voda v kapalném skupenství?

Faktem je, že díky téměř neexistující atmosféře jsou podmínky na povrchu Merkuru nesnesitelné. V oblastech, kam nedopadají světelné paprsky, se teplota drží na  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Naopak v oblastech, kam světelné paprsky dopadají, se teplota šplhá až na  $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Takže teplotní rozdíl dosahuje více jak  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Merkur je těleso, které nemá žádný přirozený satelit.

Pozorování Merkuru je velmi obtížné, nejen proto, že se jedná o malou planetu, ale hlavně díky jeho velmi malé vzdálenosti od Slunce. Je možné jej pozorovat jen před východem Slunce na východě, anebo po západu Slunce na západě, a to jen pár minut nízko nad obzorem. U Merkuru jako u vnitřní planety jsou pozorovatelné fáze jako u Měsíce. Pokud se Merkur dostane mezi Slunce a Zemi, pak je možné pozorovat jeho přechod přes sluneční kotouč. Další takovýto přechod pozorovatelný z České republiky se uskuteční 9. Května 2016.

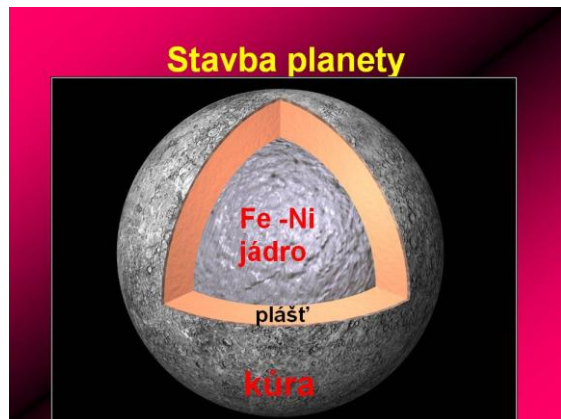
# Merkur



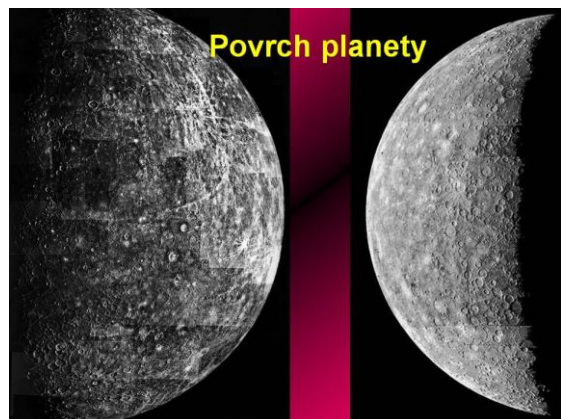
Merkur je nejmenší planetou Sluneční soustavy

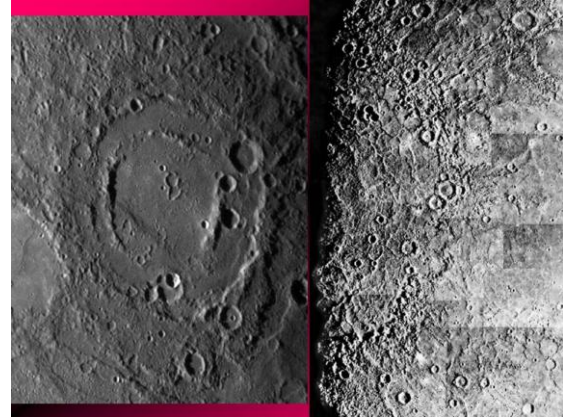
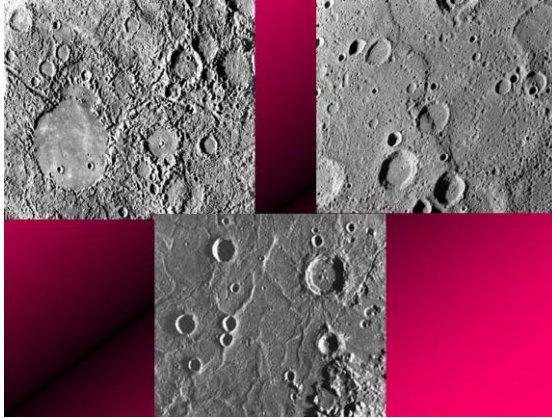


- ❖ První planeta Sluneční soustavy – nejbliže Slunci
- ❖ Perihelium - 46 mil. km
- ❖ Afélium - 70 mil. km)
- ❖ Výstředná dráha – pohyb po elipse
- ❖ Merkurský rok 88 dní – jednou kolem Slunce
- ❖ Merkurský den 58 dní – jednou kolem osy



- ❖ Velké železo –niklové jádro - slabé magnetické pole – kvadrupólové – proměnná intenzita
- ❖ Plášť – tenký – křemičitany
- ❖ Povrch – krátery, planiny, pánve, brázdy
- ❖ Podoba s Měsícem – bez moří
- ❖ Bez přirozeného satelitu

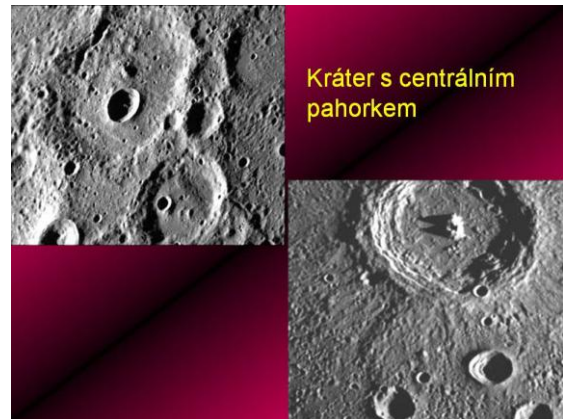
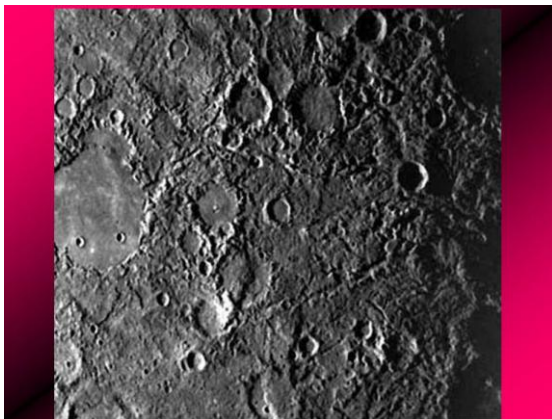




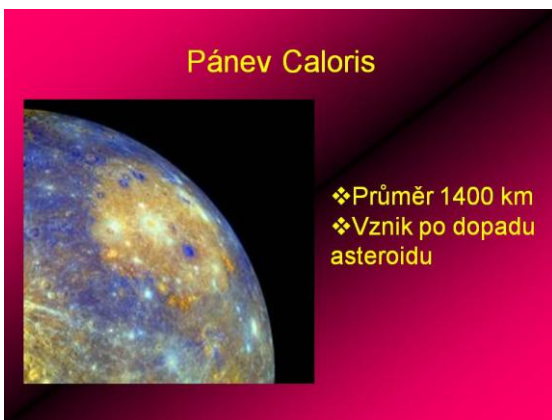
Krátery se  
překrývají –  
bez známek  
eroze



Paprsky vyvrženého  
materiálu kolem  
kráterů



Kráter s centrálním  
pahorkem



### Pánev Caloris

- ❖ Průměr 1400 km
- ❖ Vznik po dopadu asteroidu

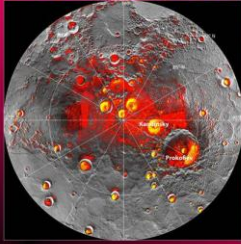


### Atmosféra

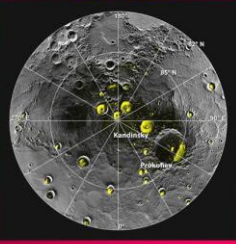
- ❖ Téměř bez atmosféry – malá hmotnosti
- ❖ Atmosférický tlak –  $2 \cdot 10^{-7}$ ,  $5 \cdot 10^{11}$  krát menší než na Zemi u hladiny moře.
- ❖ Plynný obal - molekuly oxidu uhličitého, vody, jader hélia, vodíku, sodíku, vápníku, a draslíku.
- ❖ Dynamické působení slunečního větru
- ❖ Osvětlená část : 430 °C
- ❖ Neosvětlená část: - 195 °C

## Led na Merkuru

Trvale zastíněné oblasti

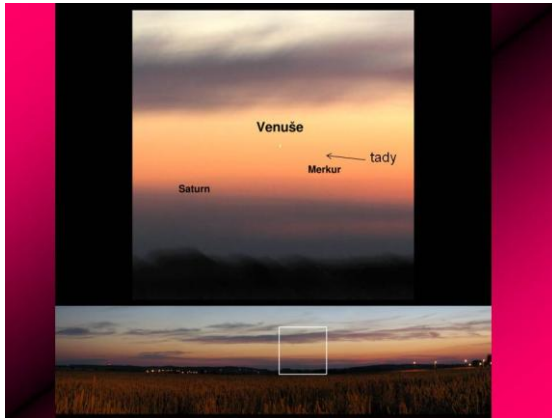


Výskyt ledu

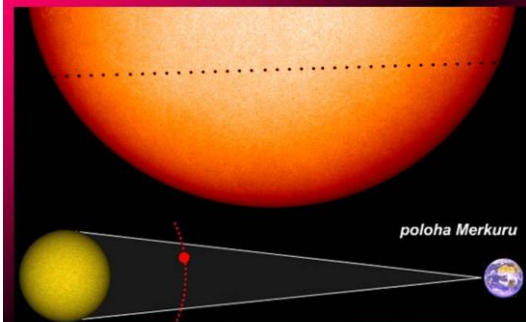


## Pozorování planety

- ❖ Vnitřní planeta – fáze jako u Měsíce
- ❖ Pozorovatelný ráno nebo večer nízko u obzoru
- ❖ Velmi špatně se pozoruje – je nevýrazný a většinou příliš osvětlený slunečním jasnem zapadajícího nebo vycházejícího Slunce
- ❖ Možno pozorovat přechod přes sluneční kotouč



## Přechod Merkuru přes sluneční kotouč – tranzit Merkuru



## Zdroje obrázků

- <http://cbctloveclet.blog.cz/0904/merkur>
- <http://www.observatory.cz/static/Encyklopedie/Planety/merkur.php>
- [http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008\\_02\\_mes.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2008_02_mes.php)
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Merkur\\_\(Planet\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Merkur_(Planet))
- [www.astro.cz](http://www.astro.cz)
- [http://flanker.webnode.cz/vesmir/znamyvesmir/mlecnadraha/slune\\_cnisoustava/merkur/](http://flanker.webnode.cz/vesmir/znamyvesmir/mlecnadraha/slune_cnisoustava/merkur/)
- [http://astronomia.zcu.cz/planety/merkur/1793-snimky-planety\\_merkur](http://astronomia.zcu.cz/planety/merkur/1793-snimky-planety_merkur)
- <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=Gallery&Page=2>
- <http://vtm.e15.cz/sonda-messenger-pise-nove-kapitoly-o-planete-merkur>
- [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/messenger/media/Press02000121129.html#\\_Uy8P\\_PiGOSc](http://www.nasa.gov/mission_pages/messenger/media/Press02000121129.html#_Uy8P_PiGOSc)

## 5 Venuše

Venuše je v pořadí druhou planetou od Slunce. Je téměř stejně veliká jako Země, což z ní v minulosti dělalo planetu, které se říkalo „sestra Země“. O to šokující bylo odhalení, jak „divokou planetou“ Venuše je. Průměr Venuše činí 12 103 kilometrů<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Venuše, jsou publikace [12] až [22].

Venuše obíhá Slunce po téměř kruhové dráze s poloměrem 108 miliónů kilometrů. Její rotace kolem osy je nejpomalejší ze všech planet sluneční soustavy. Venuše se otočí kolem své osy jednou za 243 pozemských dní. Její rotace je retrográdní, což znamená, že se otáčí kolem své osy opačně než ostatní planety tj. od východu na západ. Tento pohyb byl zaznamenán také u planety Uran. U Venuše je však osa rotace prakticky kolmá k rovině oběhu. Za retrográdní rotace Venuše může s velkou pravděpodobností její velmi hustá atmosféra. Pomalu brzdila prográdní pohyb planety, až došlo ke změně rotace na retrográdní. Než Venuše oběhne kolem Slunce, uplyne 224,7 pozemských dní, což znamená, že den na Venuši je delší než rok, a to o téměř 18,5 pozemského dne. Pokud by bylo možné pozorovat sluneční kotouč a jiná nebeská tělesa na Venuši, tak by Slunce a ostatní nebeské objekty vycházely na západě a zapadaly na východě. Venuše se již nachází v ekosféře sluneční soustavy, což je prostor kolem každé hvězdy, kde existují přijatelné podmínky pro život. Proto planety v této oblasti mohou na svém povrchu být osídleny živými organismy.

Venuše je druhou planetou, která nemá přirozený satelit.

Venuše má výraznou atmosféru, která zahluje celý její povrch. V minulosti se odhalilo, že tuto velmi hustou atmosféru vytvářejí tropické lesy, které na planetě předpokládali naši předkové. Až první sondy odhalily, že na Venuši nejsou žádné lesy a ani na ní není možné existenci života předpokládat.

„Atmosféra dosahuje až do výšky 1 000 kilometrů. Atmosféra vyvíjí na povrch planety tlak více než 9 MPa, což je přibližně 90krát více než na Zemi. Tlak s výškou kolísá a například ve výšce 60 kilometrů se nachází pás oblačnosti a zde je tlak pouhých 100 Pa a pak směrem dolů prudce roste. Horní vrstva atmosféry je tvořena hlavně vodíkem a také héliem. Nižší vrstvy atmosféry obsahují hlavně oxid uhličitý, a to až z 96 %, dusík kolem 3 % a zbytek se dělí mezi oxid uhelnatý, oxid siřičitý, vodní páry, chlorovodík a kyslík. V atmosféře bychom našli také kapičky kyseliny sírové, které se v ní vznášejí a vytvářejí její špinavě žluté zbarvení. Kyselina je součástí oblaků a vzniká díky slunečnímu záření, které dodává potřebou vazebnou energii na vazbu oxidu sírového a vody. Na povrch planety se ale v podobě kyselého deště nedostane, protože obrovský atmosférický tlak tomu zabrání. Na Venuši byl nalezen v horních vrstvách atmosféry také ozon, a tím se Venuše zařadila do planet s touto vzácnou vrstvou hned vedle Země a Marsu.



Obrovské množství oxidu uhličitého vytvořilo na Venuši dokonalý skleníkový efekt, který výrazně zahřívá celou planetu. Oblačnost na Venuši je v několika vrstvách. Nej hustší vrstva mraků, která má mocnost 20 kilometrů, se nachází ve výšce 60 kilometrů nad Venuši. Oblačnost funguje jako regulátor vysoké teploty. Odráží až 60 % dopadajícího světla, a tím snižuje skleníkový efekt. Horní vrstvy oblačnosti se pohybují vysokými rychlostmi až  $300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Směrem k povrchu planety rychlost proudění klesá a při povrchu planety sondy naměřily rychlost jen 4 až  $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . V oblasti pólů je rotace oblačnosti pomalejší a vyskytují se zde i mohutné dvojité víry, které vykazují výraznou stabilitu.

Jak rychlost proudění klesá, tak roste teplota atmosféry, která u povrchu dosahuje hodnoty až  $462 \text{ }^\circ\text{C}$ . Díky proudění a veliké oblačnosti není výrazný teplotní rozdíl mezi dnem a nocí.

Některé sondy zaznamenaly v atmosféře elektrické výboje, jako je tomu na Zemi. Jen jejich četnost byla mnohonásobně vyšší než za běžných bouřek na Zemi. Dokonce bylo detekováno 1 000 blesků za sekundu.

Planeta nemá magnetosféru indukovanou jádrem planety. Planeta díky interakci ionosféry a nabitých částic slunečního větru má indukovanou magnetosféru, která tolik nechrání povrch planety. Problém s vlastním dipólovým magnetickým polem je spojen s jádrem planety, které podle modelů tvoří jednu osminu objemu planety. Jedná se o kovové jádro, tak jako je tomu u většiny terestrických planet. Existují dvě možná vysvětlení toho jevu. První možnost je, že počáteční teplo z formování planety a malé množství radioaktivních prvků, které při svém rozpadu uvolňovaly teplo, způsobilo ztuhnutí jádra. Druhou možností je malý tepelný tok z jádra, který brání vytvoření pevného jádérka. Není vyloučené, že se v budoucnosti tepelný tok zvýší a zformuje se zárodek jádérka, které bude rotovat ve zbytku roztaveného jádra, a tím bude vznikat magnetické pole. Stejným principem se vysvětluje vznik magnetického pole u Země.

Nad jádrem se nachází plášť, který je s velkou pravděpodobností tekutý.

Nejsvrchnější částí je kůra, která má místy mocnost až 50 kilometrů, ale v průměru se pohybuje kolem 35 kilometrů. Kůra na Venuši není rozdělena na litosférické desky jako na Zemi, ale tvoří jeden celek. Protože na Venuši chybí jednotlivé tektonické desky, které by se jako u Země pod sebe zasouvaly a na druhé straně vznikaly nové, musí být na Venuši jiný způsob obnovy povrchu. „Důkazem jsou mladé krátery, které nejsou starší více než 750 miliónů let. To znamená, že starší krátery musela zahladit láva nebo byly

zničeny jinými půdotvornými procesy. Podle modelů dochází na Venuši s jistou periodicitou k výraznější a méně výrazné sopečné aktivitě, která přetváří povrch planety. Poslední takováto aktivita musela proběhnout asi před 750 milióny lety. Také je možné, že díky celistvosti kůry se po řadu miliónů let její mocnost zvyšuje a po dosažení dostatečné velikosti se stane nestabilní a sama se zanoří do pláště planety.“ [16]

Přímé pozorování povrchu není možné díky velmi husté atmosféře. Jediné sondy, které byly schopné přistát na povrchu Venuše, byly ruské Veněry, které fungovaly jen několik minut, než byly poškozeny vysokou okolní teplotou a tlakem. Přesto byly schopné odeslat fotografie okolí přistání a cenné údaje. Venuše na těchto snímcích ukazuje svůj nehostinný povrch vulkanických plání. Většina informací o útvarech na povrchu byla získána pomocí radarového snímkování z oběžné dráhy planety. „Venuše nemá příliš velké výškové rozdíly. Kolem 80 % povrchu leží v rozsahu  $\pm 1$  kilometru od hlavního planetárního poloměru. Výjimkou jsou především „vysočiny“ u rovníku a pólu Afroditina a Ištařina země a sopečné vyvýšeniny. Povrchové analýzy z Veněr prokázaly, že povrch Venuše je převážně tvořen bazaltickými vyvělinami s obsahem křemíku, hořčíku, vápníku, draslíku a titanu.

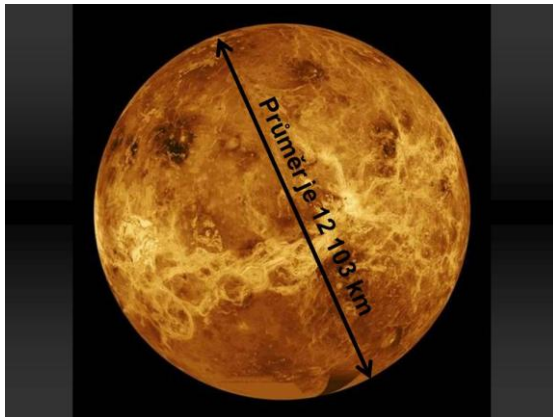
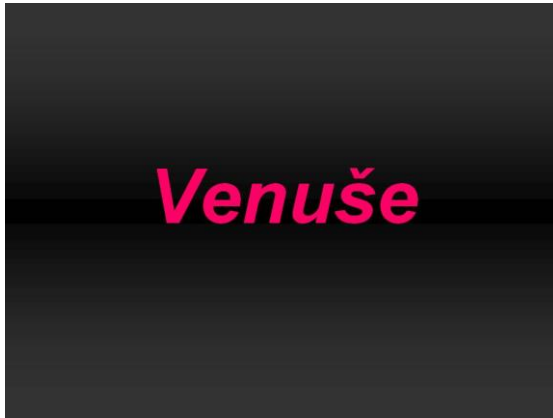
Na povrchu jsou také patrné dlouhé kaňony či kanály, kterými protékala nízkoviskózní láva. Jsou zde ještě patrné větší krátery a sopky. Dalším útvarem jsou arachnoidy, což jsou rozsáhlé povrchové útvary, které vznikají popraskáním kůry a její deformací. Jejich velikost je až 200 kilometrů. V oblasti Alpha Regio se nachází další zvláštní typ útvarů, které vznikly vylitím viskózní lávy a jejím utužením na povrchu. Jedná se o kruhové dómy, které mají až 25 kilometrů v průměru a dosahují výšky 750 metrů.

Všechny útvary až na Alpha a Beta Regio a Maxwell Montes jsou pojmenovány po ženách. Jeden kráter na Venuši dokonce nese jméno Boženy Němcové. Nalezneme zde také Hanku, Julii, Vlastu a Libuši. Další jména jsou z mytologie řecké, babylonské, germánské, ale i aztécké. Je zde nejen Kleopatra, ale i Marie Curierová.

Pozorování Venuše je poměrně jednoduché, protože po Slunci a Měsíci patří k nejjasnějším objektům na nebeské sféře. Venuše má podle pozorování také dva názvy. Pokud je viditelná na západě večer, tak nese jméno večernice a ráno na východě se Venuši říká jitřenka. Stejně jako u Merkuru se i u Venuše střídají fáze a je možné pozorovat tranzit přes Slunce. Další přechod Venuše přes sluneční kotouč nastane 10. a 11. 12. 2117, 8. 12. 2125, 11. 6. 2247 a 9. 6. 2255. Pravidelné střídání prosincových

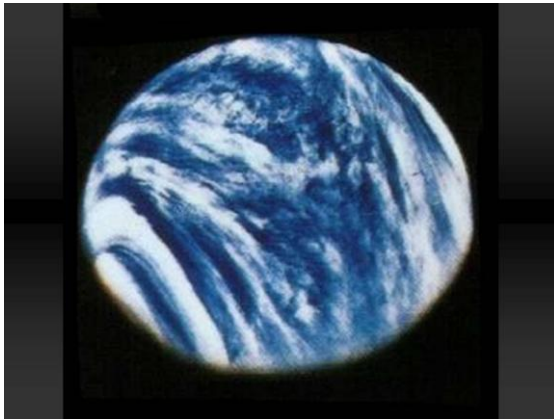
a červnových tranzitů je dán kombinací eliptických drah Země a Venuše a celý cyklus trvá 243 let.

## Prezentace: Venuše



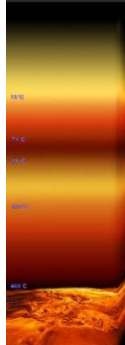
- ☀ Venuše je druhá planeta sluneční soustavy
- ☀ Venušinský rok trvá 224,7 dní – jednou kolem Slunce
- ☀ Venušinský den trvá 243 dní – jednou kolem osy - delší než Venušinský rok
- ☀ Retrográdní pohyb – od východu na západ
- ☀ Vzdálenost do Slunce je 108 mil. km





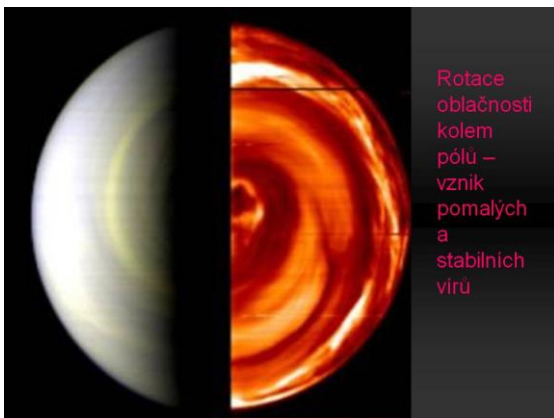
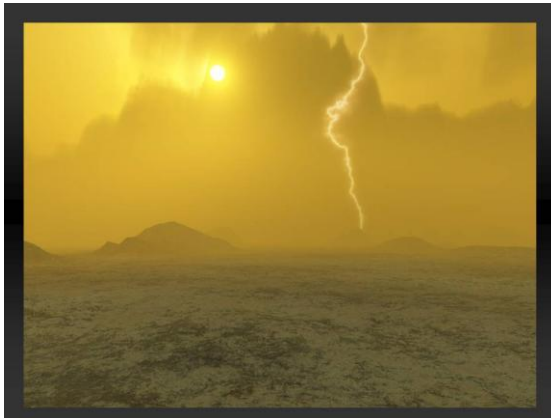
## Divoká Venuše

### Atmosféra



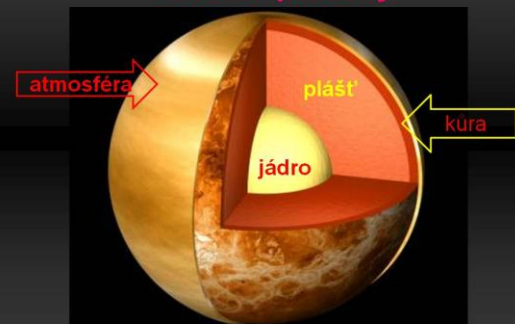
- ☀ Velmi hustá - tlak 9 MPa - 90krát vyšší než na Zemi
- ☀ Mohutnost – 1000 km
- ☀ Složení – oxid uhličitý - 96 %, dusík – 3 %, oxid uhelnatý, oxid siřičitý, kyslík, chlorovodík
- ☀ Největší skleníkový efekt ve sluneční soustavě

- ☀ Oblačnost – 60 km – kapičky kyseliny sírové
- ☀ Proudění – 300 km/h – k povrchu rychlost klesá
- ☀ Teplota u povrchu až 462 °C
- ☀ Malý rozdíl teplot mezi dnem a nocí
- ☀ Elektrické výboje – až 1 000 blesků za sekundu



Rotace oblačnosti kolem pólů – vznik pomalých a stabilních vírů

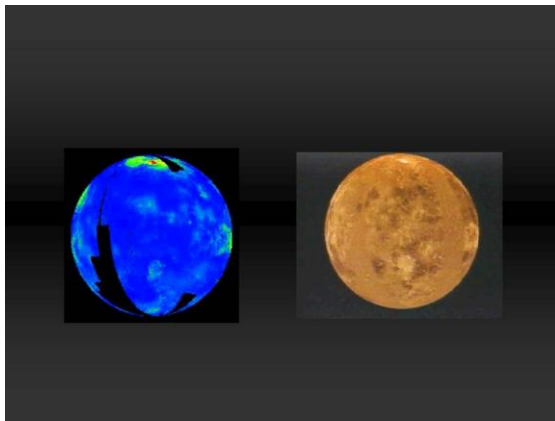
### Stavba planety



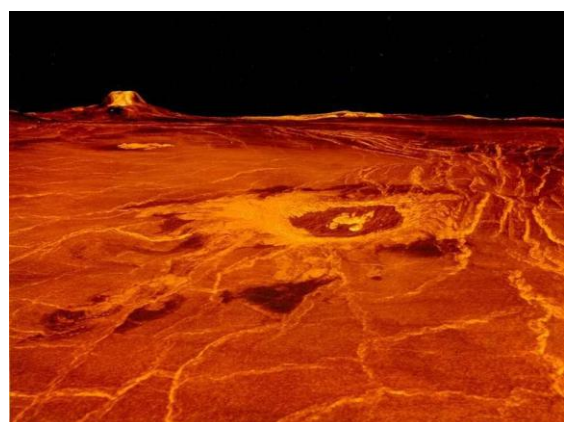
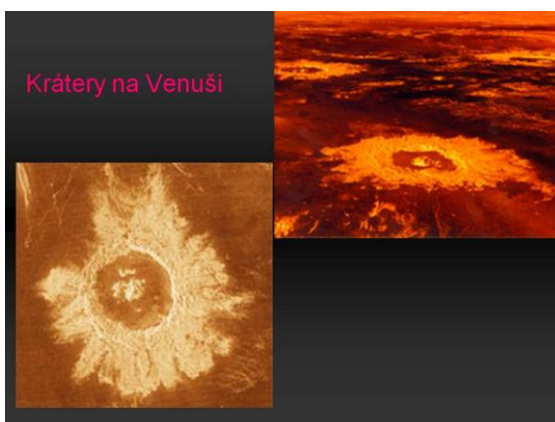
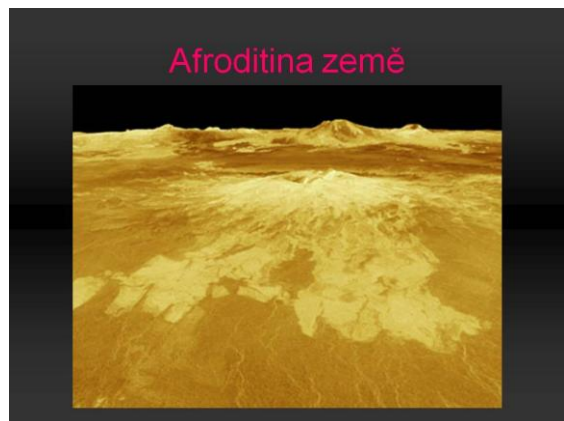
- ☀ Jádro – kovové bez pevného jádérka – není vlastní magnetosféra – indukovaná
- ☀ Plášť – asi tekutý
- ☀ Kůra – mocnost v průměru 35 km - celistvá – bez litosférických desek – stáří jen 750 miliónů let – pravidelné přetváření
- ☀ Bez přirozeného satelitu

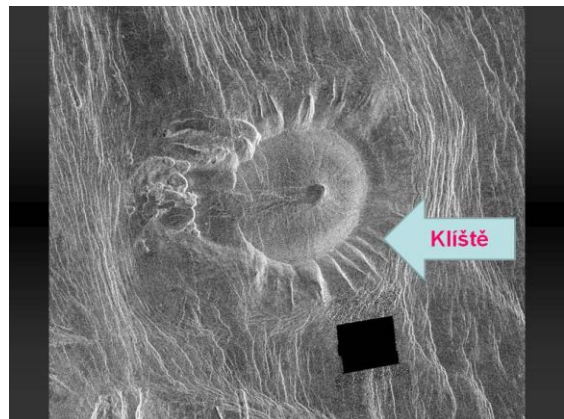
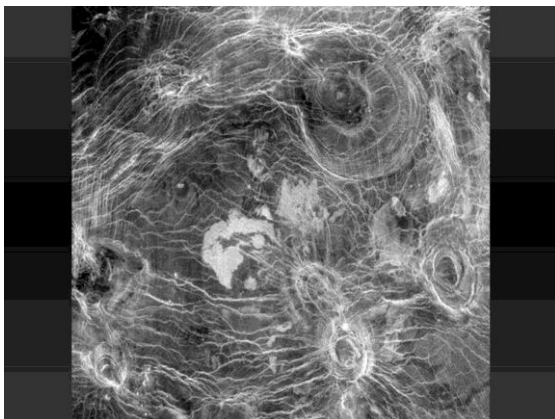
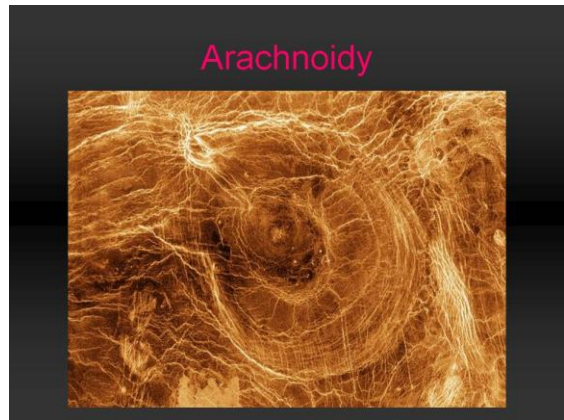
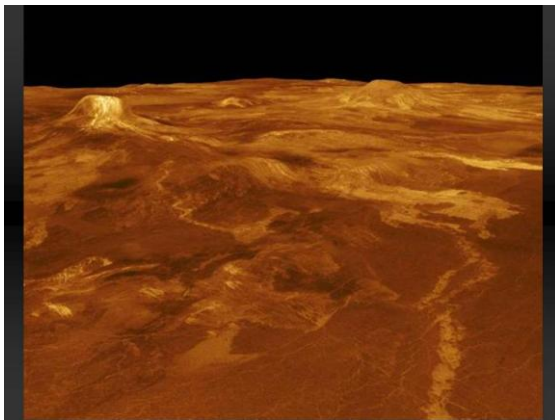
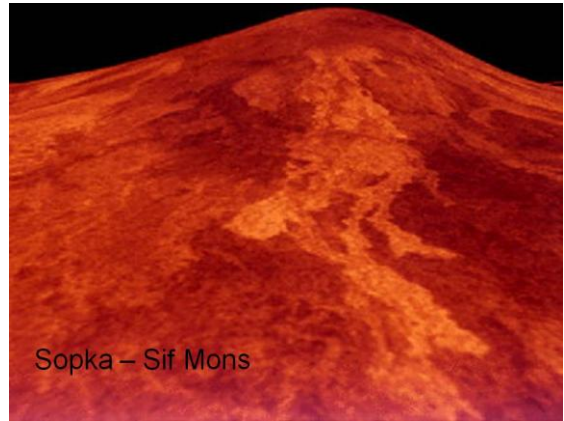
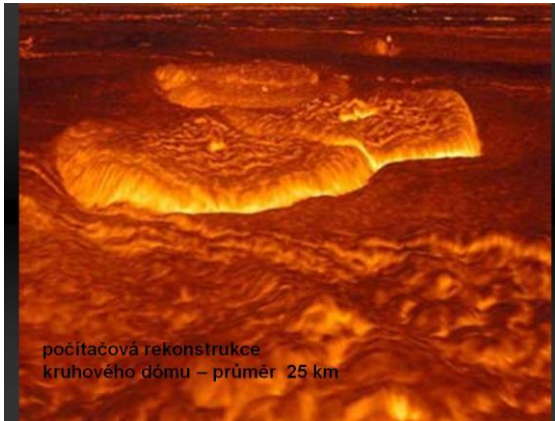
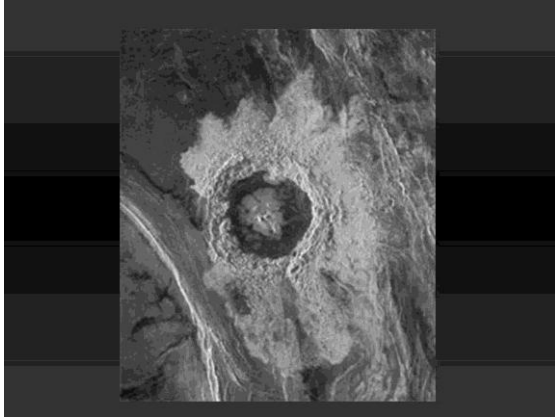
### Povrch Venuše





- ☀ Povrch - malé výškové rozdíly – řada sopek – neví se, zda jsou vyhaslé, krátery – pouze velké a mladšího věku
- ☀ Kaňony a kanály – protékala láva
- ☀ Arachnoidy – sopečného původu
- ☀ Pohoří – Maxwell Montes
- ☀ Vyvýšeny – Ištařina a Afroditina země – sopečného původu
- ☀ Ženská planeta – všechny útvary jsou pojmenovány po ženách až na tři.





Unikátní fotografie pořízená sondou Veněra 13 v březnu 1982 – sonda byla za několik minut zničena obrovským tlakem a teplotou.

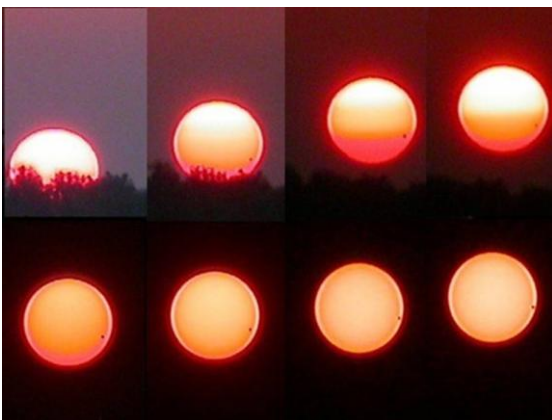
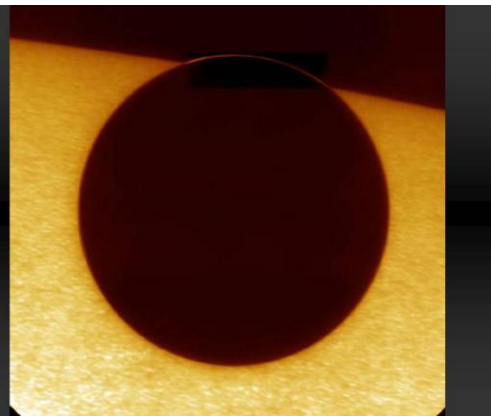
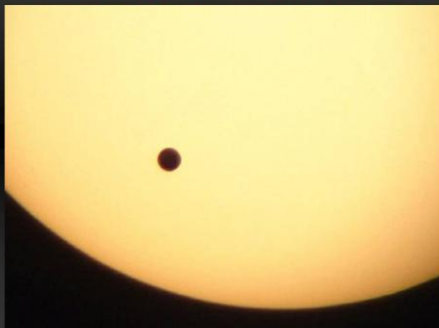


## Pozorování Venuše

- ☀ Výborně pozorovatelná – nejjasnější planeta na obloze
- ☀ Ráno vychází jako jitřenka na východě
- ☀ Večer zapadá jako večernice na západě
- ☀ Stejně jako Merkur i Venuše má fáze jako Měsíc



## Přechod Venuše přes sluneční kotouč



## Zdroje obrázků

- [http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/images/venuse/magellan\\_3.jpg](http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/images/venuse/magellan_3.jpg)
- [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)
- <http://galaxie.web2001.cz/planety/obrazky/venuse/venuse2.jpg>
- <http://www.astro.cz/clanek/5036>
- <http://astronomia.zcu.cz/planety/venuse/1927-snimky-planety-venuse>
- <http://www.astro.cz/clanek/2977>
- [http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_184.html](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_184.html)
- [http://www.nasa.gov/images/content/119541main\\_image\\_feature\\_358\\_vs\\_full.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/119541main_image_feature_358_vs_full.jpg)
- <http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00234.jpg>
- [http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00089\\_modest.jpg](http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00089_modest.jpg)
- <http://astro.sci.muni.cz/clanek.php?id=697>
- [http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/mediumsized/PIA00086\\_ip.jpg](http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/mediumsized/PIA00086_ip.jpg)
- <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10391317150-vesmir/21238253450007-merkur-a-venuse-vnitri-planety-sluncni-soustavy/>

## 6 Země

Země je třetí planetou sluneční soustavy, která je zatím jedinou planetou nesoucí život. Průměr činí 12 756 kilometrů<sup>9</sup>. Střední vzdálenost Země od Slunce je 1 au. „Astronomickou jednotku AU astronomové používali v tom smyslu, že její přesná hodnota je dána prostřednictvím Gaussovy gravitační konstanty  $k$ . V jednotkách, používaných v dynamice sluneční soustavy, kde jednotkou hmotnosti je hmotnost Slunce, jednotkou času je jeden den a jednotkou délky je astronomická jednotka, nabývá Gaussova gravitační konstanta hodnoty 0,017 202 098 95 a rozměr jejího kvadrátu je  $\text{délka}^3 \cdot \text{hmotnost}^{-1} \cdot \text{čas}^{-2}$ . AU je definována jako poloměr oběžné kruhové dráhy tělesa o nulové hmotnosti, pohybujícího se okolo Slunce rychlostí 0,017 202 098 95 radiánu za den. Smyslem této dnes již překonané definice bylo získat přesné poměry vzdáleností ve sluneční soustavě v době, kdy jejich přímé měření neposkytovalo dostatečnou přesnost. V posledních letech se však mnohé změnilo díky přesnosti přímých měření vzdáleností ve sluneční soustavě. Byly přijaty různé časové škály v souladu s obecnou teorií relativity, připouští se možnost časových změn hmotnosti Slunce, je vhodné definovat jednotku v systému SI. Proto Mezinárodní astronomická unie přijala v srpnu 2012 na zasedání v Pekingu rezoluci, která nově definuje astronomickou jednotku au jako 149 597 870 700 m. Tato hodnota byla získána jako průměr z nedávných určení prostřednictvím Gaussovy konstanty  $k$ , s odhadovanou nepřesností  $\pm 3$  m.“ [23]

V perihéliu se Země nachází pro severní polokouli na začátku ledna a její vzdálenost od Slunce je 147 098 290 kilometrů. Ve vzdálenosti 152 098 232 kilometrů se nachází na začátku července v aféliu.

Doba oběhu Země kolem Slunce vůči hvězdám se nazývá siderický rok a trvá 365,2564 dne. Tropický rok trvá 365,2422 dne a je o trochu kratší než siderický. Je to doba, za kterou se vystřídá čtvero ročních období, neboli doba mezi dvěma následujícími průchody Slunce jarním bodem. Jarní bod se pohybuje díky precesi. Pravý hvězdný den (siderický den) je doba otočení Země kolem vlastní osy o  $360^\circ$  a jeho délka je 23 hodin 56 minut a 4 sekundy. V běžném životě používáme střední sluneční den, což je 24 hodin. Sluneční den souvisí se zdánlivým pohybem Slunce po obloze.

---

<sup>9</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Země, jsou publikace [23] až [39].



Slapové působení Měsíce a Slunce vyvolává precesní pohyb zemské osy. Precese je dlouhodobý periodický pohyb zemské osy, která opisuje povrch kužele. Celý oběh je dlouhý 25 700 let a nazývá se platónský rok.

Zemská osa má sklon  $23,4^\circ$  a tento sklon je příčinnou střídání čtvero ročních období v mírném pásu, ale i střídání období sucha a dešťů v oblasti tropů a střídání polárního dne a noci v polárních oblastech. V našich zeměpisných šířkách začátek jara určuje jarní rovnodennost, připadá na datum kolem 21. března. Tento den sluneční paprsky dopadají kolmo na rovník a nastává stejně dlouhý den i noc. Totéž nastává v den podzimní rovnodennosti kolem 23. září, kdy začíná podzim. V době letního slunovratu kolem 21. června, kdy u nás začíná léto, je odkloněn jižní pól a sluneční paprsky dopadají kolmo na obratník Raka. V našich zeměpisných šířkách je nejdelší den a nejkratší noc v roce. V oblastech za severním polárním kruhem nastává polární den, kdy slunce celých 24 hodin nezapadne pod obzor a naopak za jižním polárním kruhem nastává polární noc a slunce celý den nevyjde nad obzor. Opačná situace nastane v den zimního slunovratu kolem 21. prosince, kdy na severní polokouli začíná zima. Sluneční paprsky svítí kolmo na obratník Kozoroha. O zimním slunovratu je u nás den nejkratší a noc je nejdelší v roce. Po slunovratu se den začne pomalu prodlužovat. A vše se opakuje.

Atmosféra Země sahá do výšky 1 000 kilometrů a dělí se na několik sfér. Zemská atmosféra se skládá ze 78 % dusíku, 21 % kyslíku a 1 % dalších plynů, z nich nejvíce je argonu, oxidu uhličitého, neonu, helia, metanu, kryptonu, vodíku a v troposféře má významné zastoupení navíc vodní pára. Nejnížší vrstva atmosféry se nazývá troposféra. V níž se tvoří počasí jako krátkodobý stav atmosféry a celkové podnebí jako dlouhodobý stav atmosféry. Tato vrstva má mocnost 10 až 17 kilometrů. Normální tlak při povrchu je 1 013,25 hPa.

Průměrná teplota dosahuje  $15^\circ\text{C}$ , ale její hodnota neustále mírně stoupá díky skleníkovému efektu. Nejvyšší teplota byla naměřena v Libyi a její hodnota byla  $56,7^\circ\text{C}$ . Na druhou stranu zatím nejnižší teplota byla naměřena na Antarktidě a její hodnota byla  $-89,2^\circ\text{C}$ . I přes tyto extrémy je na naší planetě voda v kapalném stavu a nejpříznivější podmínky pro život z celé ekosféry.

Zemská atmosféra je velmi složitý a dynamický systém, kde vznikají od tlakových níží a výší, po hurikány, orkány, tornáda, také elektrické výboje jako projevy bouří. Před nebezpečným ultrafialovým zářením chrání živé organizmy na Zemi ozonová vrstva. Ta se nachází ve výšce 25 až 35 kilometrů ve stratosféře. Samotná stratosféra sahá od

troposféry do výšky 40 kilometrů. Teplota ve stratosféře v průměru dosahuje  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vanou zde větry o rychlostech dosahujících  $350\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Nad stratosférou se rozkládá mezoféra, která sahá do výšky 85 kilometrů. Teplota v ní klesá až na  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Díky chemickému složení zde nedochází k absorpci slunečního záření. Nad mezoférou se nachází termosféra, která od zemského povrchu dosahuje výšky 500 kilometrů, a jak název napovídá, dochází zde ke zvýšení teploty na  $2\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplota této sféry souvisí se sluneční aktivitou. Čím je aktivita vyšší, tím je vyšší i teplota termosféry. Exosféra je poslední vrstvou atmosféry a plynule přechází do mezihvězdného prostoru. Dochází zde k úniku molekul a atomů do vesmíru. Další významnou vrstvou je ionosféra, ta se nachází v oblasti mezoféry a termosféry ve výšce od 60 do 800 kilometrů. Tato část atmosféry je obohacena o ionty a volné elektrony, a proto velmi dobře umožňuje šíření elektromagnetických vln. V oblasti krátkých vln dochází k odrazu vlnění od ionosféry, a tím umožňuje rozsáhlejší šíření rádiových vln.

Tvar planety je podobný kouli, kterou dokresluje hladina světového oceánu, který pokrývá více jak 70 % povrchu planety. Tvar Země se nazývá geoid. Střed planety tvoří kovové železo-niklové zemské jádro, které je rozděleno na vnitřní a vnější část. Vnitřní část je v tuhém stavu a otáčí se v tekutém vnějším jádře, což umožňuje vznik vlastního magnetického pole. Teplota ve středu Země dosahuje hodnoty 2 000 až 4 000  $^{\circ}\text{C}$ . Nad jádrem se nachází zemský plášť, který je dělen opět na dvě části spodní a svrchní. Liší se jak fyzikálními, tak chemickými vlastnostmi. Díky obrovskému tlaku zde dochází k přesunu hmoty. Nejvyšší vrstvy pláště jsou pevné a křehké. V hloubce 70 kilometrů se nachází vrstva, která je díky vysokým teplotám a tlakům plastická a má veliký význam pro pohyb jednotlivých zemských litosférických desek. Čím je litosférická deska vyšší, tím hlouběji se do této vrstvy zabořuje. Celý zemský plášť podléhá pomalé cirkulaci hmoty, která ovlivňuje posuny desek. Velký význam mají konvekční proudy, které přemísťují hmotu rychlostí několika milimetrů za rok a stoupají pod oceánské desky a noří se pod desky kontinentální, a tím umožňují pomalý posuv desek a přetváření zemské kůry. V některých oblastech tyto proud vystupují na zemský povrch v podobě lávy. V těchto oblastech je pak významná sopečná činnost.

Zemská kůra je nejsvrchnější částí Země a její mocnost je proměnná. Na pevnině dosahuje až 40 kilometrů, pod hladinou světového oceánu do 15 kilometrů. Oba typy zemské kůry jsou rozděleny na několik litosférických desek a jejich nejsvrchnější část tvoří buď mořské, nebo suchozemské sedimenty. Kůra podléhá horotvorným procesům,

jako je vrásnění, sopečná a zemětřesná činnost a kerná činnost a díky vlivům atmosféry a hydrosféry také erozi.

Země díky svému zemskému jádru má vlastní magnetické pole, které chrání živé organismy na Zemi před nebezpečnými nabitými částicemi ze Slunce. Magnetické pole má dipólový charakter. Severní magnetický pól se nachází poblíž jižního zeměpisného pólu a jižní magnetický pól zase poblíž severního magnetického pólu. Magnetické póly se během času posouvají. Tvar magnetosféry je ovlivněn intenzitou slunečního větru. Při magnetických bouřích dochází k její výrazné deformaci, kdy se z 60 000 kilometrů stlačí na 30 000 kilometrů. Při dopadů většího množství nabitých částic se jich část dostane do ionosféry, kde vzniká polární záře. Bez magnetosféry by život v podobě, v jaké ho známe, nebyl na Zemi možný.

Země má jeden přirozený satelit, který se jmenuje Měsíc. Jeho oběžná dráha má tvar elipsy, takže jeho vzdálenost od Země se neustále mění. V perigeu neboli přízemí je Měsíc od Země vzdálen 363 295 kilometrů a v apogeu neboli odzemí jeho vzdálenost dosahuje 405 503 kilometrů. Měsíc Zemi oběhne jednou za 27 dní 7 hodin 43 minut, což je siderický měsíc. Protože jeho rotační perioda je stejně dlouhá, je k povrchu Země přivrácená pouze jedna polovina tělesa. Takováto rotace se nazývá vázaná. Obě tělesa obíhají kolem společného těžiště, které leží ve třech čtvrtinách poloměru Země. Měsíc se pomalu od Země vzdaluje, a to rychlostí 38 milimetrů za rok.

Průměr našeho souputníka je 3 474 kilometrů, což ho řadí na pátou pozici ve velikosti přirozených satelitů. Hmotnost je jedna osmdesátjednina hmotnosti Země. Nerovnoměrný pohyb Měsíce způsobuje librace, což je kývání, které umožňuje pozorovat až 59 % povrchu Měsíce. Vzájemné gravitační působení Země a Měsíce způsobuje slapové jevy, které ovlivňují obě tělesa. Na Zemi je příčinou vzdouvání vodní hladiny, hlavně světového oceánu, kde se cyklicky střídá příliv a odliv. Dochází i ke vzdouvání zemské kůry. Stejně veliké působení je i na Měsíci, kde amplituda na pevném povrchu dosahuje 10 centimetrů.

Měsíc nemá vlastní magnetické pole a chybí mu také atmosféra. Vyskytuje se zde jen tzv. pseudoatmosféra, tvořená z unikajících atomů vodíku, hélia, argonu a elektronů z povrchu tělesa, díky malé gravitaci. Vlivem chybějící atmosféry se teplota na povrchu výrazně mění od 117 °C až po -203 °C. Na jižním pólu našeho souputníka byla v roce 2009 na dnech kráterů naměřena nejnižší teplota ve sluneční soustavě, a to -247 °C.

Ve středu Měsíce se nachází jádro, které má nižší obsah železa než Země. Nad jádrem je plášť, který je v horních částech polotekutý. Celý povrch tělesa kryje celistvá kůra, která obsahuje velké množství prvků, které se nacházejí i na Zemi. Hlavně se jedná o křemík, vápník, železo, draslík, hořčík, kyslík, hliník, ale i uran, thorium a titan. Mocnost kůry je na odvrácené straně větší než na straně přivrácené a dosahuje od 50 do 100 kilometrů.

Nepřehlédnutelné jsou na povrchu Měsíce moře. Jedná se o velké plochy ztuhlé lávy, které vznikly asi před 3 miliardy let. Mají tmavší barvu než okolí a nesou jména jako Moře dešťů, klidu, jasu, mračen, touhy atd. Jejich povrch je stejně jako okolí poset krátery různých velikostí, které vznikly po dopadu meteoroidů v prvních fázích existence Měsíce, ještě před vznikem moří. Na přivrácené straně je 300 000 kráterů, které mají velikost větší než jeden kilometr. Nejvýraznější kráter na této straně se jmenuje Tycho a vznikl teprve nedávno asi před 108 milióny let. V jeho okolí je systém paprsků, které vznikly při impaktu. Jedná se o vyvržený materiál. Krátery vznikají na Měsíci i dnes. Nejhlubší kráter nese jméno Newton a jeho dno leží 8 850 metrů níž než okraj valu. Na odvrácené straně se nachází více kráterů a méně moří než na straně přivrácené.

„Měsíční povrch pokrývá vrstva prachu, které se říká regolit. Jsou to malé částičky bazaltické horniny, které jsou sopečného původu. Jejich barva je žlutá, zelená, hnědá, šedá, černá, modrá, ale také čirá.“ [35]

Četné krátery na měsíčních pólách se nacházejí v trvalém stínu, a proto jsou velmi studené a byly zde nalezeny oblasti ledu, který může dosahovat i několikametrové tloušťky. Odhady udávají, že na Měsíci se může nalézat až několik set miliónů tun vodního ledu, který je ukryt pod vrstvou horniny.

Měsíc není vlastním světelným zdrojem. To, že je pozorovatelný na nebeské sféře, je způsobeno odrazem slunečních paprsků od jeho povrchu. Během oběhu je osvětlena vždy jen určitá část polokoule. Jakou velkou osvětlenou část pozorujeme, udává fáze Měsíce. Doba, která uplyne např. od novu do novu, se nazývá synodický měsíc a trvá 29 dní 12 hodin a 44 minut. Pokud je Měsíc ve fázi novu, na nebeské sféře není vidět, protože je k Zemi přivrácen neosvětlenou částí. Za necelé dva dny po novu je pozorovatelný úzký srpek, který v našich zeměpisných šířkách tvoří písmeno D, což funguje jako pomůcka k určení, zda Měsíc dorůstá do úplňku nebo couvá k novu. Po 7 dnech je vidět jedna polovina polokoule Měsíce a nachází se ve fázi pojmenované první čtvrt'. Za dalších 7 dní sluneční paprsky osvětlují celou přivrácenou část a nastává úplněk. Pak začne Měsíce pomalu ubývat a přibližně za dalších 7 dní nastane poslední čtvrt'. Měsíc má

v našich zeměpisných šířkách tvar písmene C a couvá k novu, což je druhá pomůcka pro určení fáze.

U Měsíce může nastat jak úplné, tak částečné zatmění. Pokud se Slunce, Země a Měsíc nachází na jedné přímce, pak se Měsíc dostává do úplného stínu Země nebo do jejího polostínu. Jakmile Měsíc vstoupí do plného stínu Země, je pozorovatelné úplné zatmění a v polostínu Země nastává částečné zatmění. V případě, že by oběžná dráha Měsíce nebyla skloněna o  $5^\circ$  vůči oběžné dráze Země, nastávalo by zatmění pokaždé ve fázi úplňku. Zatmění Měsíce je vzácnější než zatmění Slunce a je maximálně třikrát do roka. Zatmění je pozorovatelné z velké části polokoule a trvá desítky minut. Při úplném zatmění měsíční kotouč nezmizí úplně, prozradí ho nachové zbarvení, což je dáno lomem slunečního světla v zemské atmosféře.

Existuje několik teorií o vzniku Měsíce. Jedna říká, že Země a Měsíc se formovaly od počátku společně. Další, že Měsíc byl Zemí gravitačně zachycen. Nejnovější a asi nejpravděpodobnější teorií je teorie velkého impaktu. Tato velká katastrofa se odehrála před 4,5 miliardami let, kdy do ještě mladé Země narazilo těleso o velikosti Marsu. Zásah byl jen tečný, což bylo důvodem, že Země „přežila“. Byly zasaženy pouze horní vrstvy planety, které obsahovaly méně těžších prvků, což vysvětluje jejich absenci v takovém množství na Měsíci. Obě tělesa se silně zahřála a došlo k roztavení hornin. Povrchový materiál byl odvržen do prostoru a pomalu se z něho zformoval Měsíc. Celých 600 miliónů let dopadaly zbytky a úlomky na povrch obou těles. Na Zemi byly stopy po tomto „bombardování“ zahlazeny během vývoje jak atmosférickou a hydrosférickou erozí, tak tektonickou činností. Měsíční povrch chladl a vytvořila se tenká pevná povrchová vrstva, která dala základ pohořím. V této době došlo k rozpadu radioaktivních prvků, které uvolnily velké množství tepla a zahřály tím Měsíc zevnitř. Dále došlo ke klesání těžších prvků do středu tělesa, a tím vzniklo jádro. A naopak horké magma se dostalo z nitra na povrch a dalo vzniknout mořím.

## 7 Mars

Mars je poslední terestrickou planetou. Nachází se ještě v ekosféře. Obíhá kolem Slunce po eliptické dráze, která má sklon k ekliptice  $1,85^\circ$ <sup>10</sup>. Pokud je planeta v perihéliu, je

---

<sup>10</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Mars, jsou publikace [39] až [57].

vzdálena 1,38 au a v aféliu 1,67 au. Jeden oběh planety kolem Slunce trvá 687 pozemských dní, což jsou téměř dva pozemské roky. Mars se otočí kolem své osy jednou za 24 hodin 37 minut a 22 sekund, takže se od rotace Země příliš neliší. Sklon rotační osy je jen o  $1,7^\circ$  větší než u Země a činí  $25,19^\circ$ . Pokud je planeta nejbližší ke Slunci, přijímá od něho 1,5krát více slunečního záření, než když se nachází v odsluní. Sklon osy má za důsledek, že se na Marsu střídají podobná roční období jako na Zemi.

Mars je druhou nejmenší planetou naší sluneční soustavy a s průměrem 6 792 kilometrů je téměř poloviční než Země. Jeho hmotnost je pouhých 11 % hmotnosti Země.

Díky malé gravitaci je atmosféra planety velmi řídká, ale i to stačí k tomu, aby regulovala její teplotu. Ve dne je teplota o  $20^\circ\text{C}$  až  $30^\circ\text{C}$  nižší, než je její povrch, a v noci je tomu naopak. Atmosférický tlak kolísá od 400 do 870 Pa. Chemické rozborů atmosféry ukázaly, že obsahuje 96 % oxidu uhličitého, 2 % dusíku, 2 % argonu, 0,2 % kyslíku, 0,03 % vodních par, dále ve stopovém množství oxid uhelnatý, krypton, oxid dusný, xenon, neon, metan a ozon. Díky velkému podílu oxidu uhličitého je na Marsu podobně jako na Venuši významný skleníkový efekt, ale nedochází k takovému zahřívání planety, protože atmosféra je příliš řídká.

„Metan může vznikat buď z geologické aktivity, nebo jako na Zemi z biologické aktivity. Zároveň metan patří mezi plyny, které se pod vlivem ultrafialového záření rozpadají, a tak musí docházet k jeho neustálé obnově.“ [44]

V období zimy dochází ke kondenzaci velkého množství plynů z atmosféry, které pak vytváří polární čepičky ze suchého a vodního ledu. Je to obdoba zalednění pólů na Zemi, ale v mnohem menší míře, a to jak do plošné velikosti, tak mohutnosti. Na jaře a v létě naopak led velmi rychle sublimuje. Polární čepičky jsou pomocí dalekohledu vidět i ze Země.

Proudění na Marsu dosahuje rychlosti až  $400\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a dochází i k celoplanetárním písečným bouřím, které mohou trvat až půl roku. Rychlost proudění se za normálních podmínek pohybuje od  $35$  do  $50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Nejchladnějšími oblastmi jsou póly planety a nejteplejší je rovníková oblast, tak jako je tomu na Zemi. V polárních oblastech se teplota v letním období pohybuje v rozsahu teplot od  $-30^\circ\text{C}$  do  $-80^\circ\text{C}$ , ale během zimy zde teplota klesá až na  $-143^\circ\text{C}$ . V létě dochází k sublimaci ledu z polárních čepiček, ale pod povrchem zůstává stále ve zmrzlém stavu, takže odpovídá permafrostu, který známe z oblasti Sibíře. Teplota v rovníkových oblastech dosahuje až  $20^\circ\text{C}$ . Atmosféra má ionosféru, která sahá do výšky 130 kilometrů

a nad ní se vyskytuje vodíková koróna. Přístroje zjistily, že dosahuje do vzdálenosti 25 000 kilometrů od povrchu planety.

V oblasti pólů a rovníku se vyskytuje bílá oblačnost, která má tvar pozemských cirrů. Především na severní polokouli se vyskytují šedá oblaka ve výškách kolem 20 kilometrů. Jsou tvořena hlavně ledovými krystaly z oxidu uhličitého a vody. Žlutá oblaka pak tvoří písek.

Obloha na Marsu má načervenalý nádech, který způsobují drobná zrníčka prachu v atmosféře. Jejich chemické složení způsobuje pohlcování světla v oblasti kratších vlnových délek a naopak propouští světlo v oblasti červené části spektra. Toto světlo se pak rozptyluje na shlucích molekul oxidu uhličitého. I zde dochází k rozptylu modré části spektra, ale na molekulách oxidu uhličitého, proto je někdy vidět i modré zbarvení oblohy, ale pouze tehdy, když je obloha čirá bez prachu.

Předpokládá se, že Mars má stejné geologické složení jako ostatní terestrické planety, což znamená jádro, plášť a kůru. Bohužel jak o jádru, tak o plášti není příliš moc informací. Velikost jádra se odhaduje na 3 700 kilometrů v průměru a obsahuje méně těžkých prvků, než je tomu u ostatních planet. Složeno by mohlo být ze železa, niklu a sulfidu železnatého. Výzkumy ukázaly, že jádro v minulosti bylo podobné pozemskému a vytvářelo dipólové magnetické pole. Tato situace se změnila 800 miliónů let po zformování planety. Magnetické pole sláblo až na dnešní hodnotu, která je 10 000 menší než u Země. Větší význam má indukované pole, díky interakci ionosféry a slunečního větru.

Stejně jako o jádře není příliš informací ani o plášti. Jeho mohutnost se odhaduje na 1 500 až 2 000 kilometrů a je tvořen hlavně z křemičitanů a železa nebo jeho oxidů.

Kůra planety je celistvá bez litosférických desek, což je dáno její velkou mohutností, která dosahuje od 50 do 125 kilometrů. Na severní polokouli je tenčí a díky tomu došlo k rychlejšímu ochlazení Marsu v jeho rané minulosti. Mnohem silnější kůra se nachází na jižní polokouli. V oblasti Tharsis, kde se vyskytují největší sopky, dosahuje kůra mocnosti až 100 kilometrů. Naopak pod pánví Hellas je nejtenčí.

„Marsu se říká rudá planeta, podle zbarvení jejího povrchu. Dokonce i na obloze má načervenalou barvu. Prach a písek na planetě obsahuje velké množství oxidů železa ve trojmocném stavu, což je goethit, hematit, maghemit atd. Jsou to sloučeniny, které mají typické hnědočervené, hnědé nebo fialovočervené zbarvení. Původní vulkanické horniny byly dvoumocné. Změna na trojmocné se uskutečňuje ve vlhkém a na kyslík bohatém

prostředí, které muselo panovat na Marsu v minulosti. Železo je po kyslíku a křemíku třetí nejrozšířenější prvek na planetě.“ [52]

Pod povrchem planety se nachází veliké množství vodního ledu. Některé oblasti tohoto ledu mají rozměr desítek kilometrů a tloušťku stovky metrů. Tyto obrovské zásoby ledu jsou na obou polokoulích v pásech od 35 do 60 stupně šířky. Pozice výskytu ukazuje na klimatickou souvislost, která mohla být spojená se změnou sklonu rotační osy. Díky překrytí ledu vrstvou hornin nedochází k jeho sublimaci a jeho celkové ztrátě z planety.

Na Marsu se v minulosti nacházela voda v tekutém stavu. Její stopy jsou vidět hlavně na jižní polokouli, kde se nacházejí útvary podobné řečištím a údolím, které tvoří na Zemi řeky. Některá údolí sice řečiště postrádají, jejich vznik se pak připisuje působení podzemní vody, která vyhloubila tunel, a po jeho zhroucení vzniklo údolí. Většina těchto útvarů je velmi stará a jejich vznik se odhaduje na dobu asi před 4 až 3,5 miliardami lety. Na severní polokouli jsou také stopy po tekoucí vodě, ale jsou mladší a na svědomí je má opět podzemní voda. Jejich stáří se odhaduje na 2,5 až 1,5 miliardy let. Pravděpodobně vznikly při nějaké obrovské záplavě. Tato řečiště dále nepokračují do severních rovin, ale náhle končí, i když terén pořád klesá. Severní roviny byly pravděpodobně oceánem, do kterého přitékaly všechny řeky z jižní polokoule a zásobovaly ho vodou a plnily sedimenty.

„Předpokládá se, že v hloubce 5 až 10 kilometrů pod povrchem planety se nachází vrstva tekoucí vody. Tato vrstva by mohla dosahovat mocnosti 50 až 500 metrů a díky vysokému tlaku a teplotám se může v podobě horkých gejzírů dostávat na povrch planety i dnes.“ [44]

Valles Marineris je soustava kaňonů, která se svými rozměry je největší ve sluneční soustavě. Celý útvar vznikl propadem několika zlomů při vulkanické činnosti v oblasti Tharsis. Tato gigantická zlomová linie je dlouhá 4 000 kilometrů a přes 200 kilometrů široká. Její hloubka místy dosahuje 7 kilometrů. Vzhled kaňonu dotvořily sesuvy půdy, tekoucí voda, vítr, geotermální a vulkanická činnost.

„Oblast Tharsis, jejíž příčný rozměr je 5 000 kilometrů, s rozlohou 30 milionů kilometrů čtverečních je největším útvarem planety. Výška této oblasti dosahuje až 10 kilometrů. Tvar oblasti se zformoval před 4,1 miliardami let a nachází se zde 12 největších sopek. Tři sopky Arsia Mons, Pavonis Mons a Ascaraus Mons jsou velmi blízko u sebe a dosahují výšky mezi 14 a 17 kilometry. Největší sopkou Marsu a celé sluneční soustavy je Olympus Mons. Jedná se o štítovou sopku s průměrem základny



624 kilometrů a výškou 21 kilometrů. Této velikosti mohla dosáhnout jen díky malé gravitaci Marsu a malé tektonické aktivitě, která umožňuje vytékat lávě na jednom místě po dlouhou dobu a bez výrazných explozí. Tím vytváří obrovské téměř symetrické sopečné kužele, jako je tomu u sopek na Masu. Kaldera je tvořena několika propadlinami o celkovém průměru 80 kilometrů. Na povrchu sopky byly detekovány vrstvy dvojího stáří: jedna kolem 115 miliónů let a druhá zhruba 2,4 milióny let. Je možné, že vulkán je stále aktivní, ale momentálně se nachází ve fázi relativního klidu. V oblasti se také našly velké otvory, které připomínají vchody do jeskyní, které známe ze Země. Velikosti vchodů dosahují od 100 do 250 metrů a jednalo by se o místo, kde by mohl existovat mikroskopický život chráněn před vnějšími nepříznivými podmínkami.“ [54]

Největší pánví na Marsu je Hellas planitia a její průměr je 2 300 kilometrů a hloubka 7 152 metrů. Tato pánev vznikla před více než 4,1 až 3,8 miliardami let při dopadu komety nebo planety.

V červenci roku 1976 přišly z oblasti pojmenované Cydonie šokující fotografie, na kterých byla lidská tvář. Pouhých 16 kilometrů od tváře se nalézalo 5 pyramid. Tato záhada byla vyřešena v roce 2001, kdy se ukázalo, že se jedná o přírodní úkaz. Tvář je stolová hora, která je dlouhá 2,5 kilometrů, široká 2 kilometry a tyčí se do výšky 940 metrů a pyramidy jsou skalami na povrchu Marsu. Zvláštní obrazy byly způsobeny hrou světla a stínu, protože slunce v době pořizování fotografií bylo nízko nad obzorem. Jistý podíl na této senzaci byla také snižená kvalita snímků pořízených z velké výšky.

Život na Marsu do dnešní doby nebyl prokázán. Všechny experimenty provedené sondami byly negativní. Dosud také není objasněn výskyt metanu v atmosféře, který na Zemi vzniká z 90 % při činnosti mikroorganismů a živých organismů. V části meteoritu ALH 84001 byly nalezeny podivné útvary. Jedna z teorií tvrdí, že se jedná o pozůstatky činnosti mikroorganismů nebo dokonce o fosílie bakterií. Jejich velikost je až 100krát menší než jsou velikosti pozemských bakterií, což tuto teorii vyvrací. V bakteriích by nebyl prostor pro další vnitřní části, jako je například jádro, vakuoly atd. Existují i druhá verze, že tyto pozůstatky jsou projevy základních chemických procesů, že se jedná o krystaly minerálu, které mají tyto tvary.

Při pozorování Marsu je velmi důležitá jeho vzdálenost od Země. Mění se tím jeho zdánlivý průměr a také jeho jasnost. V některých obdobích je čtvrtým nejjasnějším tělesem na nebeské sféře, ale po většinu doby má menší jasnost než Jupiter. Na nebi

přechází přes nebeskou sféru a prozradí ho jeho načervenalý nádech. Jako vnější planeta nevykazuje fáze a je tedy vidět celý jeho kotouč.

Mars má dva přirozené satelity, které pravděpodobně pochází z hlavního pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem. Podle složení se jedná o dvě zachycené planetky, které se k Marsu mohly dostat i za pomoci gravitace Jupitera. Phobos neboli Strach je větší z měsíců, jeho rozměry jsou 27 na 22 a 18 kilometrů a obíhá na nízké oběžné dráze pouhých 9 376 kilometrů nad povrchem. Tento měsíček má retrográdní vázanou rotaci, během dne dvakrát vyjde na západě a zapadne na východě. Phobos se po pozvolné spirále blíží k povrchu planety a odhaduje se, že za 30 až 80 milionů let buď vytvoří další kráter na Marsu, nebo bude roztrhán slapovým působením. Druhý měsíc Deimos (Hrůza), jehož rozměry jsou 7,8 na 6 a 5,1 kilometru má také vázanou rotaci, ale obíhá v mnohem větší vzdálenosti než Phobos, a to 23 463 kilometrů nad povrchem. Jeden oběh vykoná za 30 hodin a 18 minut. Obě tělesa patří do skupiny uhlíkatých chondritů, což jsou tělesa, která jsou složená hlavně z uhlíku a mají nízkou hustotu. Také mohou obsahovat organické látky. Na obou tělesech jsou viditelné krátery po dopadu menších těles. Jsou pokryta vrstvou regolitu a nenesou stopy atmosféry.

## 8 Jupiter

Jupiter je první plynnou planetou a zároveň největší a nejhmotnější ze všech planet sluneční soustavy. Jeho hmotnost je 318krát<sup>11</sup> větší než hmotnost Země a spolu se Sluncem představují 99,9 % hmotnosti celé sluneční soustavy. Objemově je 1 321krát větší než Země. Planeta obíhá kolem naší hvězdy po téměř kruhové dráze s hlavní poloosou o velikosti 5,2 au, což je 778 milionů kilometrů. V perihéliu je planeta od Slunce vzdálená 5 au, což je 817 milionů kilometrů. V aféliu je její vzdálenost 5,5 au, což je 741 milionů kilometrů. Jeden oběh kolem Slunce Jupiteru trvá 11,86 let. Rovníkový průměr planety činí 142 984 kilometrů. Přes svoji velikost má Jupiter rychlou rotaci, která je různá na rovníku a na pólech. Rotace rovníku trvá 9 hodin 55 minut a 3 sekund a póly se opožďují za rotací rovníku o 6 minut. Průměrná hustota  $1\,326\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  naznačuje složení planety. Vodík má prioritní zastoupení, a to až 80 %, následuje hélium s 15 % a zbytek se dělí mezi metan, amoniak, vodní páru a jiné látky.

---

<sup>11</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Jupiter, jsou publikace [58] až [87].

Ve středu planety se nachází kamenné jádro, jehož velikost se odhaduje na 10 000 kilometrů a teplota na 36 000 °C. Velikost tlaku se odhaduje na 3 TPa. S vysokou pravděpodobností bude jádro složeno ze železa a křemičitanů, což jsou běžně se vyskytující minerály ve sluneční soustavě a ve většině případů tvořící jádra těles ve sluneční soustavě. Při tak vysokých teplotách a tlacích se tyto minerály budou vyskytovat ve stavu mezi pevnou látkou a kapalinou.

„Nad jádrem se vyskytuje oblast kovového vodíku, která sahá do výšky 40 000 až 50 000 kilometrů od středu. Tlak v této vrstvě dosahuje podle odhadů 700 Gpa, což znemožňuje vodíku vytvářet vazby a tvořit molekuly. Atomy jsou díky vysokému tlaku velmi blízko u sebe. Jsou tak blízko, že nevytvářejí elektronové obaly. Elektrony jsou volné a vytváří tak elektronový plyn, pomocí něhož se vysvětluje tepelná a elektrická vodivost kovů. Proto se tomuto stavu vodíku říká kovový vodík a má zajímavé vlastnosti, jako je stabilita, pevnost, lehkost a supravodivost. Nad pevným kovovým vodíkem se nachází vrstva kapalného kovového vodíku, který se postupně přeměňuje díky tlaku na pevný kovový vodík a při této reakci vzniká velké množství tepla v podobě infračerveného záření. Pomocí této teorie se také vysvětluje, proč Jupiter vyzařuje dvakrát více energie, než kterou přijímá ze Slunce.“ [58]

Ve vzdálenosti asi 70 000 kilometrů od jádra přechází pozvolna kapalný kovový vodík do stavu kapalného vodíku, který již má kolem atomového jádra elektronový obal a vytváří vazby, a tím i molekuly. Tlak zde klesá na hodnotu 1,3 MPa.

Nad vrstvou kapalného vodíku se nachází atmosféra, která má tloušťku 5 000 kilometrů. Skládá se hlavně z vodíku (90 %) a hélia (téměř z 10 %). Atmosféra je jediná vrstva planety, která se dá přímo pozorovat. V případě Jupitera má nejvýraznější pásovou strukturu ze všech plynných planet. Má výrazné dynamické projevy a je velmi hustá. Její povrchová teplota je  $-108$  °C. Rychlost proudění zde dosahuje rychlosti  $600 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Pásová struktura vzniká pravděpodobně díky rychlé rotaci a je tvořena oblačností, kterou tvoří krystalky amoniaku, metanu a vodního ledu. Světlá pásma tvoří vzestupné proudy, které unášejí krystalky k povrchu planety. Vzestupné proudy se rozpínají a chladnou. Tmavá pásma tvoří sestupné proudy, které houstnou a při sestupu se zahřívají. V atmosféře najdeme také stopy oxidu uhelnatého a fosfanu. Kombinace těchto látek způsobuje zbarvení Jupiterovy atmosféry. Atmosférické pásy vykazují velkou stabilitu, ale jsou známy i případy, kdy pás postupně úplně zanikl a pak za několik měsíců opět vznikl.

Velká rudá skvrna se pozoruje již od roku 1665 na jižní polokouli planety. Jedná se o velmi stabilní cirkulující útvar s rozměry 24 000 – 40 000 na 12 000 – 14 000 kilometrů. V pozemské atmosféře by se jednalo o gigantický meteorologický útvar typu hurikánu. Anticyklóna se kolem středu otočí jednou za 6 až 7 dní a rychlost rotace je  $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Anticyklóna je tlaková výše, což se určuje podle rotace víru díky působení Coriolisovy síly. Cyklóna se otáčí po směru hodinových ručiček a anticyklóna rotuje proti směru hodinových ručiček. Velká rudá skvrna má výraznou červenou barvu s bílým okrajem a během času se nepatrně mění. Vznik této skvrny může být podobný jako vznik oválu FA. Od roku 1939 se pozoruje vývoj tří cyklón, které nesou označení FA, BC a DE. Tyto menší bílé ovály vznikly z pásu oblačnosti. Časem se k sobě začaly ovály přibližovat a splývat, až vytvořily jednu cyklónu, které se říká Bílý ovál (FA). Tato cyklóna po splynutí začala červenat od okraje ke středu. Po zčervenání středu se vytvořil bílý okraj, jako je tomu u Velké rudé skvrny. Složení obou útvarů je stejné a složení vnitřní barvy vzniká stejným mechanismem.

Jupiter má velmi rozsáhlou magnetosféru, která na straně přivrácené ke Slunci dosahuje do vzdálenosti 6,5 milionů kilometrů a na straně opačné sahá až k Saturnu. Magnetické pole má dipólový charakter a je 20 000krát silnější než pozemské magnetické pole. Magnetosféra je podobná pozemské magnetosféře, ale je ovlivňována několika faktory. Měsíc Io svojí vulkanickou činností vytváří velké množství iontů, které interagují s magnetosférou. Vytvářejí kolem planety plazmový tok, který indukuje elektrické pole a elektrický proud, který prochází měsícem Io a dosahuje hodnoty milionů ampérů. Proud spolu se slapovými silami zahřívají nitro měsíce, a tím udržují toto nejaktivnější těleso ve vulkanické činnosti. Na pólech je magnetosféra zploštělá a v oblasti rovníku je roztažená. Největší měsíc Jupitera Ganymedes má vlastní magnetické pole, které je vnořeno do magnetosféry planety, a tím ji ovlivňuje. Stejně jako na ostatních planetách, které mají magnetické pole, i na Jupiteru v oblasti magnetických pólů vzniká polární záře.

Kolem planety vznikl prachový prstenec, který není příliš výrazný. Jeho mohutnost je 7 000 kilometrů a dosahuje do vzdálenosti 129 000 kilometrů od středu Jupitera.

Jupiter je velmi dobře pozorovatelnou planetou. Jedná se o čtvrtý nejjasnější objekt na obloze, hned po Slunci, Měsíci a Venuši. Jen v některých obdobích je jeho jasnost menší než jasnost Marsu. Na nebeské sféře je vidět jeho celý kotouč a je pozorovatelný téměř

během celé noci. S dalekohledem jsou také viditelné jeho čtyři největší měsíce, které nesou společný název po svém objeviteli Galileovy.

Kolem Jupitera obíhá dosud známých 67 měsíců, poslední objev je z 29. 1. 2012. Jedná se většinou o malá tělesa podobná planetkám z hlavního pásu planetek.

Největší Jupiterovy měsíce jsou Galileovy měsíce. Jmenují se Ganymedes, Callisto, Io, Europa.

Ganymedes, jehož průměr činí 5 268 kilometrů, je největším a nehmotnějším měsícem sluneční soustavy. Zároveň je tento měsíc větší než planeta Merkur. Měsíc má kovové jádro, které pravděpodobně obklopuje plášť z ledu. Kůru tvoří silná vrstva vodního ledu. Takovému typu přirozeného satelitu se říká ledový měsíc. Povrchová teplota zde dosahuje od  $-203\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-121\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ganymédes má pravděpodobně řídkou atmosféru složenou převážně z kyslíku, čpavku a metanu. Během průletu sond byl zjištěn i výskyt ozonu. Měsíc má vlastní magnetické pole, což svědčí o existenci kovového jádra. Povrch tělesa je pokryt krátery, které mají kolem sebe výrazně světlé paprsky. Více kráterů se nachází na tmavějších oblastech, což svědčí o větším stáří těchto oblastí. Ve světlejších oblastech se tolik kráterů nevyskytuje, protože tyto plochy jsou přetvořené, a tím i většina kráterů zanikla. Jedna z tmavých oblastí se jmenuje Galileo Regio. Její průměr je 3 200 kilometrů.

Dalším útvarem je pozoruhodná rýha, kterou tvoří 13 kráterů ležících velmi blízko u sebe. Tato rýha vznikla s vysokou pravděpodobností při rozpadu komety nebo planetky vlivem slapového působení. Jednotlivé části pak v sérii dopadly na povrchu měsíce.

Druhý největší Jupiterův měsíc je Callisto s průměrem 4 820 kilometrů a jedná se opět o ledový měsíc. Povrchová teplota kolísá od  $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-108\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jeho střed tvoří s vysokou pravděpodobností směs ledu a hornin. Nad jádrem se nachází oceán slané vody. Tato vrstva dosahuje velikosti 10 kilometrů a její existenci prozrazují změny v magnetickém poli měsíce. Oceán v tekutém stavu udržuje pravděpodobně teplo z radioaktivního rozpadu hornin. Bohužel tento oceán není vhodný pro výskyt života, alespoň ne takového, jaký známe ze Země. Kůru Callista tvoří ledový příkrov, který dosahuje až 200 kilometrů. Callisto je těleso s největším počtem kráterů na svém povrchu. Většina kráterů vznikla před 4 miliardami let. Mladší krátery mají kolem sebe světlé paprsky, které vznikly při dopadu a odvržení ledového materiálu do okolí. Největším kráterem je Valhala s průměrem 600 kilometrů. Kolem středu kráteru vznikly soustředné kruhové hřebeny, které sahají až do vzdálenosti 1 800 kilometrů.

Další obří pánví je Asgard. Pánev měří v průměru 1 600 kilometrů. Kolem středu se nachází řada kruhových útvarů, které nejsou uzavřeny. Tyto kruhy jsou tektonického původu. Příkop je směrem do centra a údolí směřuje ven. Na pánvi jsou patrné krátery, které vznikly později než pánev samotná. Čím jsou krátery jasnější, tím jsou mladší.

Na povrchu měsíce, stejně jako na povrchu Ganymeda, se nachází série 12 kráterů, které vznikly po dopadu komety nebo asteroidu, který se rozpadl a v sérii dopadl na povrch. Série kráterů je dlouhá 620 kilometrů a největší z kráterů měří 40 kilometrů.

Dalším ledovým měsícem je Europa. S průměrem 3 120 kilometrů je sice nejmenším z Galileových měsíců, ale z pohledu existence mimozemského života nejzajímavějším. Ve středu tělesa se nachází železo-niklové jádro. Nad jádrem se nachází skalnatý plášť, který je obklopen oceánem vody a ledu, jehož mohutnost může dosahovat 100 kilometrů. Celý oceán kryje vrstva vodního ledu o mocnosti od 10 do 30 kilometrů. Existuje jistá možnost, že v tomto oceánu by mohl existovat mikroskopický mimozemský život.

Povrch Europy je poset rýhami a pruhy, což svědčí o rozlámání měsíční kůry v její minulosti. Desky, které přitom vznikly, dosahují až 30 kilometrů. Spáry mezi deskami vyplňuje odlišný materiál, který má tmavší barvu. Jedná se pravděpodobně o směs drceného ledu a kamení. Na měsíci se podařilo odhalit jen několik kráterů. V jejich okolí je vyvržený materiál, který vznikl při dopadu tělesa. Tmavý pás, který se táhne poblíž kráteru, nese jméno Belus Linea a je důkazem, že na měsíci v minulosti vznikaly gejzíry, které na povrch dostaly nejen vodu, ale i horniny. Povrch Europy je křížem krážem poset trhlinami a zlomy, jejichž délka přesahuje 1 600 kilometrů. Zlomy a hřebeny jsou projevem kryovulkanismu.

Oblast Conamara Chaos a Thera Macula nese důkazy, že kryovulkanismus na Europě neustal před 30 až 70 miliony lety, jak se dříve předpokládalo, že Europa je aktivní dodnes. Oblast tvoří ledové kry, které vznikly při podmořské erupci. Velké množství horké vody prošlo prasklinou a vytvořilo jakousi „bublinu“ při svém zamrznání. Tato „bublina“ praská a klesá a trhá další masy ztuhlého ledu. Proto jsou tyto oblasti vyvýšené nad okolní terén.

Io je třetím největším Jupiterovým měsícem a jeho průměr dosahuje 3 642 kilometrů. Tento měsíc je vulkanicky nejaktivnějším tělesem ve sluneční soustavě. Vysoká sopečná činnost je způsobena jak slapovým působením okolních těles, tak vlivem magnetosféry Jupitera. Magnetosféra spolu s vyvrženým materiálem ze sopek vytváří velmi silné toky

elektronů a iontů, které vytváří proud o velikosti miliónů ampérů. Oba jevy dodávají energii na zahřívání Io a vzniku velmi silné sopečné činnosti.

Io má železo-niklové jádro, nad kterým se nachází křemičitanový plášť, který bude pravděpodobně z 10–20 % roztavený. Kůru o mocnosti 12 kilometrů tvoří hlavně bazaltické a sírové usazeniny.

Předpokládá se, že povrch kromě proudící lávy je v pevném stavu. Teplota povrchu je od  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-143\text{ }^{\circ}\text{C}$  a některá místa dosahují teploty až  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což jsou oblasti tuhnutí lávy, která chladne pomalu. Barevný povrch je dán chemickým složením. Zastoupeny jsou křemičitany, síra a oxidy síry. Bílá a šedá místa jsou oblasti zmrzlého oxidu siřičitého. Žlutou a žlutozelenou barvu tvoří síra, která je v kosočtverečné krystalové struktuře. Vlivem radiace se mění vazby ve složení síry, a tím se mění i její barva na červenou až hnědou. Sondy na povrchu detekovaly 9 aktivních sopek, z jejichž kalder vytéká láva do vzdálenosti větší než 300 kilometrů. Sopečný plyn a popílek dosahuje výšky až 500 kilometrů. Oblaky sopečného materiálu jsou vyvrhovány rychlostí až  $1\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Sopky nedosahují příliš velké výšky, jako je tomu na jiných tělesech. Jejich velikosti se pohybují od 1 do 2 kilometrů. Na povrchu je velké množství lávových jezer, zlomů, proudů a prasklin, ze kterých vytéká láva.

Dalšími útvary na Io jsou jednotlivé hory, které se vyskytují jako jeden útvar a nejsou spojeny do pohoří. Jejich velikost většinou nepřesahuje výšky 6 kilometrů a vznikly tektonické činností, kdy došlo ke zdvihu litosféry, proto jejich složení je spíše křemičitanové než sírové. Blízko jižního pólu se nachází Heamus Mons, což je hora se základnou s rozměry 100 na 200 kilometrů a sahá do výšky 10 kilometrů. V oblastech, kde se vyskytují hory, se téměř nevyskytují sopky a naopak.

Kolem Io byl detekován slabý plynný obal, který je tvořen hlavně oxidem siřičitým ze sopečné činnosti a je touto činností stále doplňován. Magnetosféra planety odvádí plyn a prach z atmosféry. Tento materiál je hlavně složen z iontů síry, kyslíku, draslíku, oxidu siřičitého. Pokud by ustala sopečná činnost, tak měsíc velmi brzy ztratí svoji atmosféru.

Další přirozené satelity, jako je Adrastea, Thebe, Amalthea, Metis atd. jsou zřejmě bývalé asteroidy, které Jupiter zachytil svojí gravitací. Nejbližší k Jupiteru se pohybuje Metis, druhým v pořadí je Adrastea. Thebe je v pořadí čtvrtým měsícem a jeho rotace je synchronní. Amalthea je velmi nepravidelným měsícem, který má povrch posetý krátery. Většina měsíců obíhá retrográdně ve velkých vzdálenostech od Jupitera.

## 9 Saturn

Saturn je šestou planetou sluneční soustavy a druhým plynným obrem. Jeho rovníkový průměr činí 120 536 kilometrů<sup>12</sup> a polární průměr je 108 728 kilometrů, což ze Saturnu dělá nejvíce zploštělou planetu sluneční soustavy. Rozdíl je 11 808 kilometrů. V perihéliu se přiblíží ke Slunci na vzdálenost 9 au, což je 1,3 miliard kilometrů a v aféliu se dostane do vzdálenosti 10,1 au, což je 1,5 miliard kilometrů. Kolem Slunce planeta oběhne za 29,46 let. Stejně jako u Jupitera i Saturn má rozdílnou rotaci v oblasti rovníku a pólů. Saturn se otočí kolem své osy jednou za 10 hodin a 45 minut a 45 sekund. Sklon rotační osy je 26,73°.

Průměrná hustota o hodnotě 687 kg · m<sup>-3</sup> dělá ze Saturnu planetu s nejmenší hustotou, je menší než hustota vody. Zároveň napovídá o jeho složení převážně z nejlehčích prvků, což je vodík a hélium. Jeho nitro má obdobné složení jako Jupiter. Jádro je složeno z křemičitanů, ledu a železa. Železo bude s velkou pravděpodobností v menší míře, než je tomu u Jupitera. Tlak v jádře se odhaduje na 8 TPa, teplota na 12 000 °C a jeho průměr na 20 000 kilometrů. Nad jádrem se rozkládá oblast kovového vodíku v pevném stavu a nad ní ve stavu kapalném. Tato oblast podle výpočtů má mocnost 20 000 kilometrů. Atomy jsou díky vysokému tlaku velmi blízko u sebe. Jsou tak blízko, že nevytvářejí elektronové obaly. Elektronky jsou volné a vytváří tak elektronový plyn, pomocí něhož se vysvětluje tepelná a elektrická vodivost kovů. Proto se tomuto stavu vodíku říká kovový vodík a má zajímavé vlastnosti, jako je stabilita, pevnost, lehkost a supravodivost. V hloubce 25 000 kilometrů začíná vrstva tekutého vodíku a sahá až do výšky 500 kilometrů, kde začíná atmosféra.

Stejně jako je tomu u Jupitera, i Saturn vyzařuje téměř 1,8krát více energie v podobě infračerveného záření, než přijímá od Slunce. Tato energie se uvolňuje při přeměnách kovového vodíku v nitru planety.

Chemické složení atmosféry je určeno jak z pozorování ze Země, tak při průletu sond. Nejvíce je zde vodíku (až 96 %), následuje hélium v zastoupení 3 %, pak metan, čpavek, deuterium, ethan, fosfen, acetylén, propan. Toto chemické složení dává charakteristickou barvu planety. Atmosféra vykazuje také pásovou strukturu, ale méně výraznou, než je tomu u Jupitera. Konveční proudy vytvářejí víry, které zanikají v rotaci planety. Také se zde nacházejí cyklóny a anticyklóny jako na Jupiteru, ale nedosahují takových rozměrů

---

<sup>12</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Saturn, jsou publikace [88] až [113]



a stability, jako je tomu například u Velké rudé skvrny. V rovníkových oblastech dosahuje proudění rychlosti  $1\,800\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a v oblasti pólů je to jen  $550\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , přesto rotace atmosféry předbíhá rotaci planety. Bílá oblačnost je složená hlavně z krystalů vodního ledu a čpavku a jejich teplota je od  $-190\text{ }^\circ\text{C}$  do  $-140\text{ }^\circ\text{C}$ . Povrchová teplota je  $-139\text{ }^\circ\text{C}$ . V atmosféře planety se velmi často vyskytují bouře, které promíchávají jednotlivé vrstvy atmosféry. Takto se materiál z dolních vrstev dostává až do nejsvrchnějších vrstev. Na planetě vznikají elektrické výboje, které známe ze Země. Blesky se vyskytují v atmosféře poměrně nízko, vznikají minimálně 200 kilometrů pod vrcholy mračen, které tvoří čpavek, a dosahují až do hloubky 330 kilometrů, kde se vyskytují oblaka z vodního ledu. V okolí severního pólu se nachází velmi stabilní vzdušný vír, který má tvar šestiúhelníku a jehož vznik není zatím objasněn.

Magnetické pole má dipólový charakter a je velmi podobné pozemskému, ale výrazně větší. Čelní rázová vlna zasahuje do čtyřicetinasobku poloměru planety a magnetický ohon vzniká na straně odvrácené do Slunce. Zatím se s jistotou neví, do jaké vzdálenosti od planety dosahuje. V oblasti magnetických pólů vznikají polární záře, tak jak je to u všech planet, které mají magnetosféru.

Kolem planety vzniká obrovský plazmový tok, který zasahuje část prstenců s měsíci Mimas, Enceladus, Thetys a Dione a ve větší vzdálenosti zasahuje vnější část plazmového toku i měsíce Rhea a Titan. Ionty z vnitřní části plazmového toku jsou pohlcovány jak prstenci, tak měsíci, které se zde nacházejí. U měsíce Titanu plazmový tok vytváří ionosféru, která se projevuje jako indukovaná magnetosféra. Díky pomalejšímu pohybu měsíce dochází k brzdění toku částic a tím deformaci magnetosféry Saturnu.

Saturn je planetou, která se nedá zaměnit s jinou planetou sluneční soustavy, a to díky rozsáhlému systému prstenců. Jednotlivé prstence jsou označeny velkými písmeny abecedy od A do F. Prstence tvoří velké množství drobných kamínků a prachových zrníček různé velikosti. Některé objekty dosahují velikosti desítek metrů, jiné jen pár milimetrů. Jsou to většinou kousky hornin, ledu a zmrzlých plynů. Každá částice se pohybuje kolem planety a splňuje Keplerovy zákony. Původ prstenců zatím není znám. Jedna teorie počítá s rozpadem měsíce díky slapovému působení. Druhá tvrdí, že se jedná o pozůstatky původního materiálu, ze kterých se formovala celá sluneční soustava. Prstence nejsou příliš stabilní a v průběhu času se mění. Nejbliže k planetě je prstenec D, pak C, B, A, F, G a poslední E, který je tvořen převážně vodním ledem. Prstence se

rozkládají od 6 630 kilometrů do 120 700 kilometrů od rovníku planety. Mezi prstenci jsou mezery, kterým se říká dělení. Dělení jsou pojmenována podle lidí, kteří se výzkumem této planety zabývali. Jsou to Cassini, Herschel, Russel, Kuiper, Laplas, Jeffreys, Bessel, Encke a Barnard. Mezery nejsou prázdňným prostorem, ale obsahují výrazně méně materiálu. Radiálním strukturám v prstencích se říká loukotě. Bylo zjištěno, že kopírují rotaci magnetického pole, a tudíž obrazce budou pravděpodobně spojeny elektromagnetickými silami, které drží některé částičky materiálu z prstenců mimo rovinu prstenců. Tyto částičky materiálu jsou pak ozařovány slunečními paprsky pod jiným úhlem a vytváří různé obrazce. Jiná teorie říká, že jde jen o nedokonalé zobrazení u sond Voyager. V roce 2009 byl objeven největší prstence u Saturnu a zároveň se jedná i o největší prstenec sluneční soustavy. Jeho vnitřní okraj je ve vzdálenosti 6 milionů kilometrů a dosahuje do vzdálenosti 12 milionů kilometrů, takže se do něj Saturn vejde 300krát. Jeho tloušťka dosahuje 20 průměrů planety. Je převážně tvořen malým množstvím drobných prachových částiček a ledu. Sklon prstence je 27° k rovině rovníku. V tomto pásu obíhá také měsíc Phoebe a je možné, že je zdrojem materiálu pro tento prstenec.

Kolem Saturnu obíhá doposud 62 objevených měsíců.

„Největší z nich nese jméno Titan a se svým průměrem 5 152 kilometrů je větší než Merkur. Titan oběhne Saturn jednou za 16 dní. Jeho rotace se považuje za vázanou, ale poslední měření ukázala, že rotuje o trochu rychleji, než je jeho doba oběhu. Což je v rozporu s vázanou rotací. Zároveň bylo zjištěno, že útvary na povrchu mění svoji polohu. Nová teorie se snaží vysvětlit obojí najednou. Počítá s pohybem kůry nezávisle na podpovrchových vrstvách. Pod kůrou se musí nalézat obří oceán vody a čpavku a celistvá kůra se na tomto oceánu bude pohybovat jako obří kra. Rotace atmosféry a převažující proudění způsobuje pohyb kůry. Kůra se pak posouvá určitým směrem. To rotaci kůry buď urychluje, nebo brzdí vůči vázané rotaci měsíce. Oceán by se měl podle modelu nacházet v hloubce 70 až 100 kilometrů, pravděpodobně bude ale hlouběji.“ [100]

Chemické složení atmosféry je známé již z pozorování ze Země. Nejvíce je zastoupen dusík v 98 %, pak metan ve 2 % a ve stopovém množství se nachází ethan, ethen, ethyn, kyanovodík a propan.

„V nejvyšší vrstvě atmosféry se vyskytuje mlžný opar, který tvoří molekuly kyslíku a dusíku. Vzniká jen v určitých obdobích a ve většině roku se neobjevuje, a tudíž bude

pravděpodobně spojen se střídáním ročních období. Atmosféra obsahuje i organické molekuly, které v ní vznikají díky ultrafialovému záření. Při průletu sondy Titanovou atmosférou byla ve výšce 120 kilometrů nad povrchem změřena rychlost proudění  $430 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , což potvrdilo superrotaci atmosféry, a tím možnost posouvání celé kůry po oceánu z vody a čpavku. Ve výšce 60 kilometrů toto proudění téměř ustalo a byla zde zjištěna největší vodivost, tedy ionosféra. Vzorky odebrané ve výšce 130 a 20 kilometrů byly po chemickém složení totožné, takže vrstva, kde se tvoří díky fotochemickým reakcím organické molekuly, musí ležet výše zhruba ve výšce 200 kilometrů.“ [100]

Nad polárními oblastmi, kde se nachází velká metanová jezera, dochází k jejich odpařování a vytváření metanových oblaků, z nich se pak k povrchu měsíce snáší metanový déšť. Okraje jezer jsou příkré a jezera jsou zásobena právě z metanových srážek, které v této oblasti vznikají. Ze snímku jsou vidět i řeky, které jezera zásobují. Svahy mají bílou barvu, což je led, který odkryla stékající kapalina. Jezero Kraken Mare je jedno z největších. Jeho rozloha činí 400 000 kilometrů čtverečních, což odpovídá velikostí přibližně rozloze Kaspického či Černého moře.

Oblasti rovníku vypadají jako pouštní krajina, kterou dokreslují vyschlá koryta řek. Povrch má konzistenci vlhkého jílu nebo písku s různě velkými kameny. Teplota zde dosahuje hodnoty  $-180 \text{ }^\circ\text{C}$  a tlak 1,48 hPa.

„V pouštní rovníkové oblasti nechybí ani duny, které známe z našich písčinych pouští. Jejich vrcholky se táhnou do vzdálenosti několika desítek kilometrů a největší z nich dosahují velikosti až 1 500 kilometrů.“ [100]

„Na povrchu bylo zatím identifikováno 49 kráterů, z nichž pouze 5 vzniklo dopadem vesmírného tělesa. Zbylé jsou s vysokou pravděpodobností vulkanického původu. Může se jednat o kaldery vulkánů, které místo lávy chrlí do svého okolí směs vodního, metanového, ethanového a zmrzlého čpavku. Jedná se o druh kryovulkanismu, který bere energii z vnitřních pochodů měsíce.“ [100]

Druhým největším měsícem je Rhea. Rozměry tělesa jsou 1 532 na 1 525 na 1 524 kilometrů. Je to ledový měsíc, který má malé kamenné jádro a jako většina Saturnových měsíců má také vázanou rotaci. Na přivrácené straně ke Slunci dosahuje jeho povrchová teplota až  $-174 \text{ }^\circ\text{C}$  a na jeho odvrácené straně je pouhých  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Jedna část měsíce je poseta krátery a na druhé jsou světlé pruhy.

Třetím největším měsícem je Japetus s rozměry 1 492 na 1 492 na 1 424 kilometrů. Japetus má jednu polokouli tmavší a druhou světlejší. Tmavší část tvoří prach, který na

tuto stranu dopadá díky retrográdnímu pohybu dalšího měsíce, který se jmenuje Phoebe. Tmavá část tělesa se výrazně zahřívá a dochází na ni k sublimaci ledu, který pak tryská vzhůru. Část tohoto materiálu desublimuje a vrací se v podobě bílého ledu na druhou polokouli, kterou pokrývá, a tím je tato strana světlejší. Na povrchu se nachází řada kráterů. Největší z nich má v průměru 580 kilometrů. Přes těleso se táhne pohoří, které je dlouhé 1 300 kilometrů a sahá do výšky 15 kilometrů.

Thetys je dalším Saturnovým ledovým měsícem. Jeho rozměry jsou 1 072 na 1 056 na 1 050 kilometrů. Na jeho povrchu jsou patné krátery, valy a dlouhá údolí. Největší kráter se jmenuje Odysseus a má průměr 450 kilometrů. Dvě třetiny obvodu měsíce obepíná údolí Ithaca Chasma, jehož šířka dosahuje místy až 100 kilometrů a hloubky až 5 kilometrů. Toto údolí a jemu podobná vznikla při chladnutí měsíce a popraskání jeho povrchu.

Dione je dalším z rodiny Saturnových ledových měsíců. Rozměry satelitu jsou 1 129 na 1 123 na 1119 kilometrů. Kamenné jádro měsíce dosahuje až do třetiny poloměru, a proto má Dione největší hustotu ze všech ledových měsíců. Jeho povrch jako u většiny ledových měsíců tvoří krátery a praskliny.

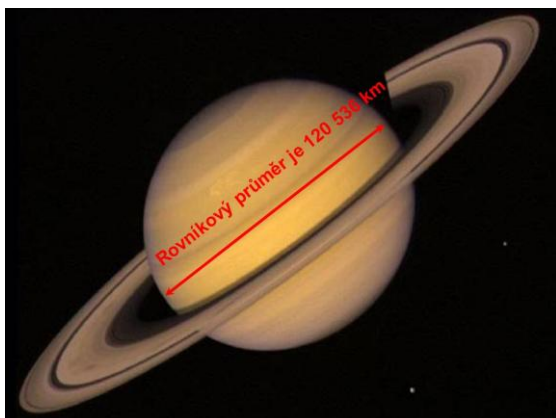
Enceladus je nejjasnější Saturnův měsíc. Rozměry tělesa jsou 513 na 503 na 497 kilometrů. Je to v pořadí šestý největší Saturnův měsíc. Jedná se ledový měsíc, jeho povrch odráží téměř 90 % slunečního světla. Povrch měsíce je pokryt řadou kráterů, což svědčí o velkém stáří povrchu. Jiné části měsíce jsou pokryty prasklinami a puklinami a nenesou stopy po kráterech. Takovýto povrch je mladý a nese stopy kryovulkanismu, což také potvrdila prolétající sonda Cassiny. Sonda zachytila měsíc v době, kdy ledové gejzíry tryskaly nad povrch Enceladusu. Výtrysky ledových částic tvoří linie, čímž potvrzují, že kopírují praskliny na povrchu tělesa. Gejzíry jsou složeny z vodní páry, oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a řady organických materiálů. Složení je velmi podobné složení komet. Teplota prasklin je jen  $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což je vysoká hodnota, protože okolí dosahuje teploty pouze  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $-128\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tímto se Enceladus stal dalším adeptem na mikroskopický mimozemský život, protože se předpokládá, že pod mocnou vrstvou ledu se bude nacházet oceán vody v tekutém stavu. Kolem měsíce byl detekován velmi řídký plynný obal, který se skládá hlavně z vodních par (91 %), z dusíku (4 %), oxidu uhličitého (3 %) a metanu (2 %).

Mimas je dalším Saturnovým měsícem. Jeho povrch je poset krátery a rýhami, které jsou dlouhé až stovky kilometrů a široké desítky kilometrů. Nepřehlédnutelnou dominantou je

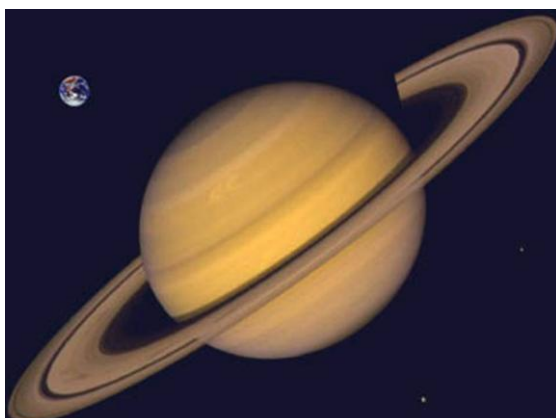
největší kráter, který nese jméno po objeviteli měsíce Herschel a má průměr 140 kilometrů. Val kráteru dosahuje výšky 5 kilometrů a ve středu se nachází centrální vrchol, jehož rozměry jsou také úctyhodné.

Další měsíce, které jsou pravděpodobně zachycené asteroidy, nesou jména různých mytologických postav, jako je Pan, Pandora, Phoebe, Janus, Epimetheus a Hyperion. Nové měsíce jsou pojmenovány podle severských božstev.

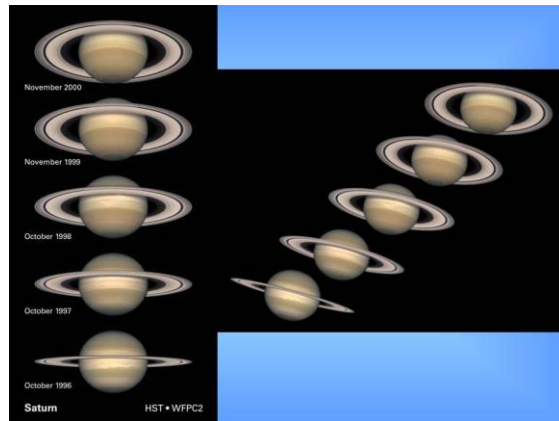
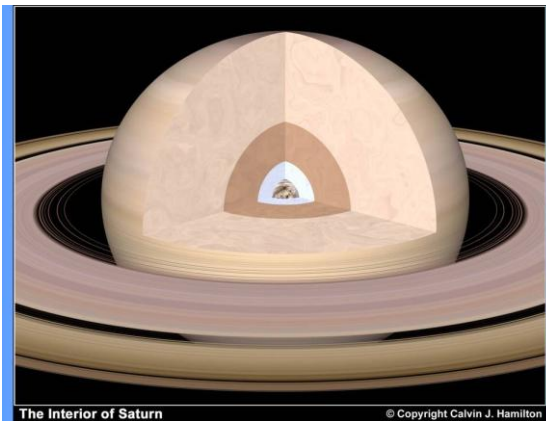
## Prezentace: Saturn



- Perihélium – 9 au (1,3 miliard km)
- Afélium – 10,1 au (1,5 miliard km)
- Rotace – 10 h 45 min a 45 s
- Hustota 687 kg/m<sup>3</sup>, (voda 1000 kg/m<sup>3</sup>)
- Nejvíce zploštěná planeta – rozdíl 11 808 km
- Saturnský rok trvá 29,46 let
- Sklon rotační osy 26,73°

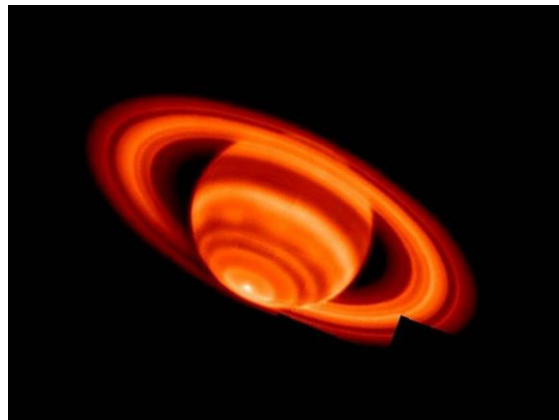


- ### Složení
- Jádru – křemičitany, led a železo – tlak – 8 TPa, velikost – 20 000 km a teplota – 12 000 °C
  - Plášť – kovový vodík v pevném stavu – mocnost – 20 000 km
  - tekutý vodík – v hloubce 25 000 km a sahá do výšky 500 km – atomová jádra a volné elektrony – výborný vodič – magnetické pole

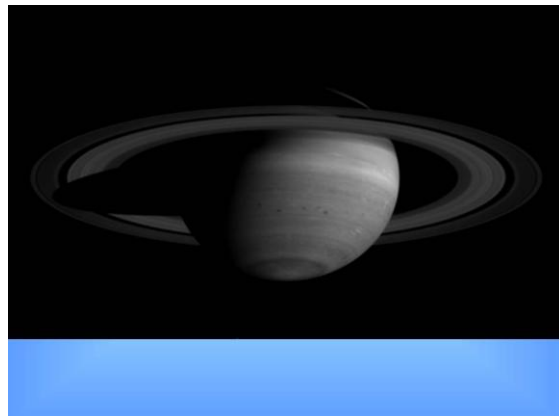


## Atmosféra

- Složení – vodík – 96 %, hélium – 3 % metan, amoniak, deuterium, ethan, fosfen, acetylén, propan
- Mohutnosť – 500 km
- Pásová štruktúra – konveční proudy
- Cyklóny a anticyklóny – menší
- Rychlost proudění na rovníku: 1 800 km/h
- Rychlost proudění na pólech: 550 km/h



## Pásová štruktúra



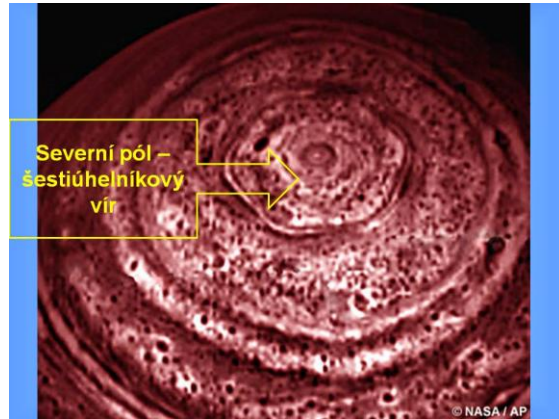
- ❑ Oblačnost – bílá – krystalky vodního ledu a amoniaku
- ❑ Teplota:  $-190^{\circ}\text{C}$  do  $-140^{\circ}\text{C}$  v oblačnosti
- ❑ Povrchová teplota:  $-139^{\circ}\text{C}$
- ❑ Bouře - pomíchávání vrstev
- ❑ Blesky
- ❑ Severní pól – stabilní vzdušný vír – šestiúhelníkový tvar

## Bouře





Bouře na Saturnu – promíchávání vrstev atmosféry

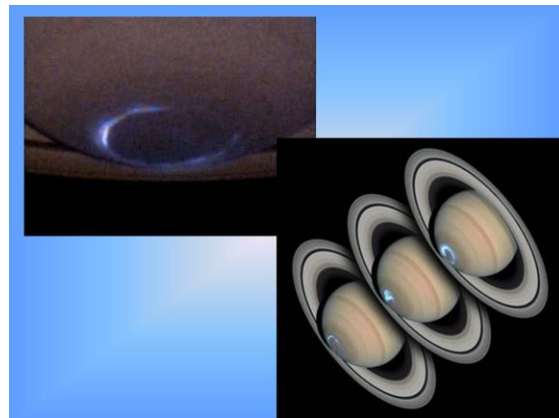


Severní pól – šestiúhelníkový vír

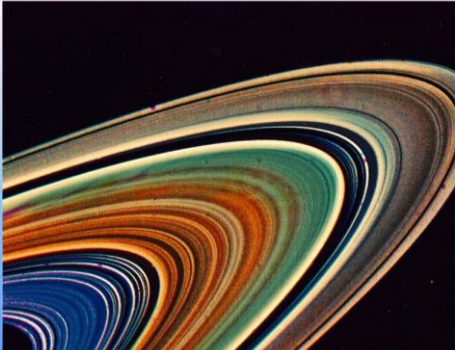
### Magnetické pole – polární záře



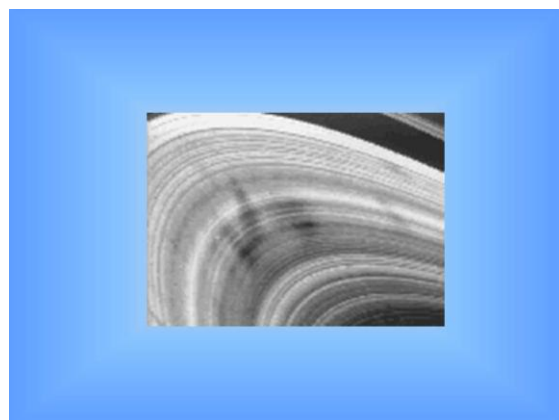
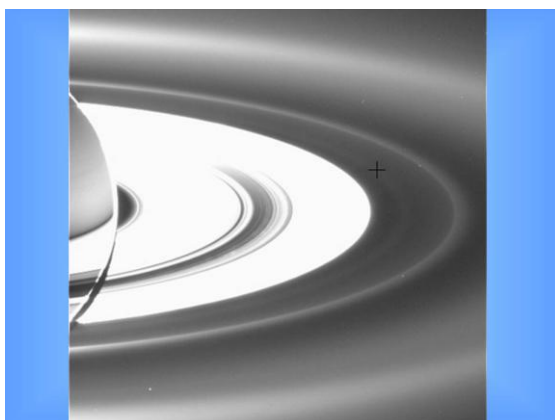
- Rázová vlna – 40- ti násobek poloměru planety
- Polární záře
- Plazmový tok – Mimas, Enceladus, Thetys, Dione, Rhea a Titan



### Prstence



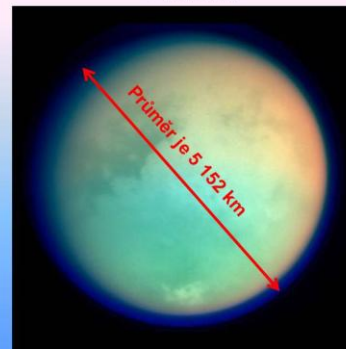

- Saturn má největší a nejsložitější systém prstenců – značení A až F
- Dělení – mezery mezi prstenci
- Složení – různě velké kusy zmrzlého materiálu, který obíhá kolem Saturnu
- Loukotě, mezery – řada malých měsíců



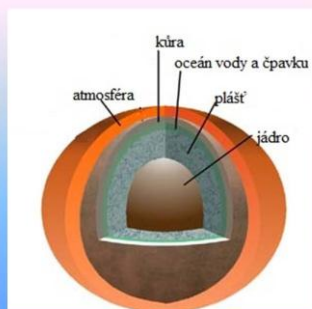
## Přirozené satelity

- Celkem – 62 měsíců – dosud
- Malé satelity - zachycené asteroidy – většina se jich nachází i v systému prstenců – velký počet – Pan, Pandora, Janus, Epimeteus, Mimas, Phoebe, Hyperion
- Ledové měsíce – Enceladus, Tethys, Dione, Rhea
- Titan

## Titan



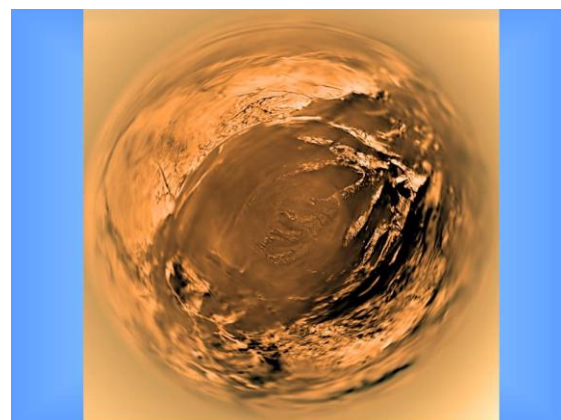
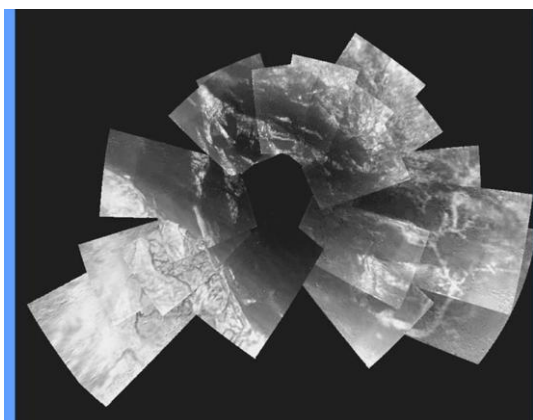
## Složení



- Největší a nehmotnější Saturnův měsíc – větší než Merkur
- Oběh kolem Saturnu – 16 dní
- Složení – jádro, plášť, oceán vody a amoniaku, kůra
- Atmosféra – dusík – 98%, metan – 2%, stopové množství: ethan, ethyn, propan, kyanovodík, organické molekuly



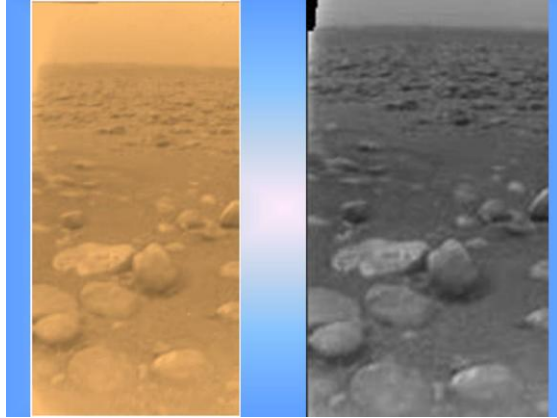
- Horní vrstvy – mlžný opar – kyslík, dusík
- Superrotace atmosféry: 430 km/h
- Způsobuje posun celé kůry – změna polohy útvarů na povrchu
- Teplota:  $-180^{\circ}\text{C}$
- Tlak: 1,48 hPa
- Deště: metanové kapky



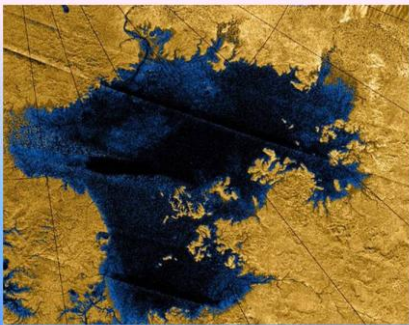


## Povrch

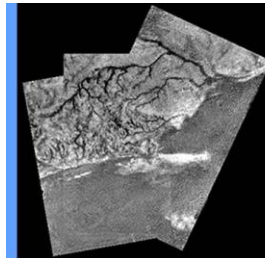
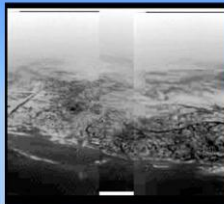
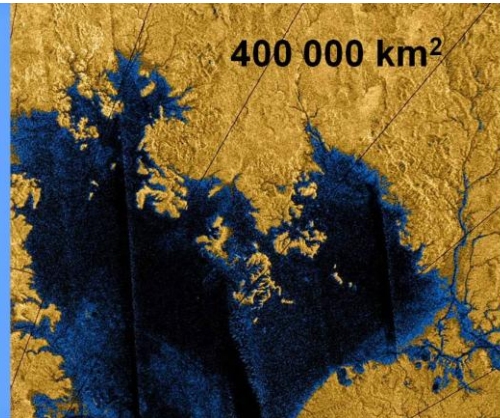
- Rovník – oblast písečných dun délka až 1 500 km
- Polární oblasti – oblast velkých jezer – složení – metan a ethan
- Krátery – jen 49
- Po dopadu tělesa jen 5
- Zbytek kaldery sopek chrlící směs vodního, metanového, ethanového a amoniakového ledu.



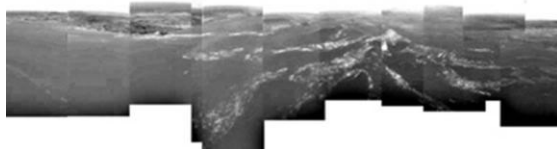
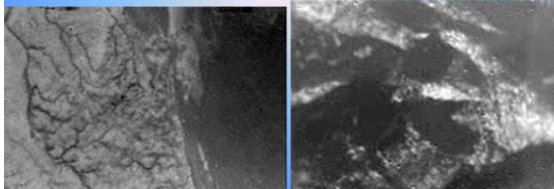
## Kraken Mare



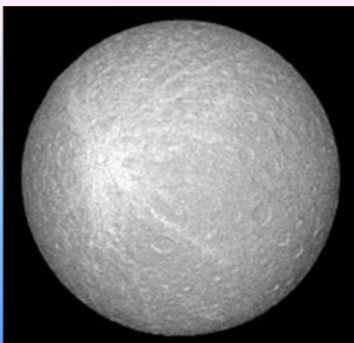
400 000 km<sup>2</sup>



Metanové řeky

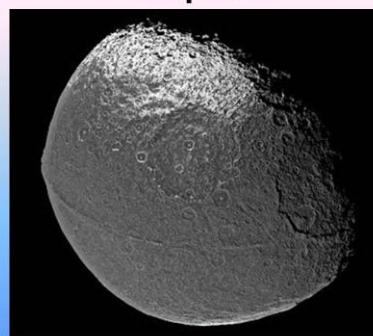


## Rhea



- Ledový měsíc
- Rozměry: 1 532 x 1 525 x 1 524 km
- Druhý největší
- Vázaná rotace

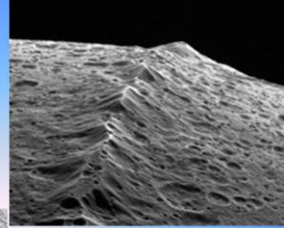
## Japetus





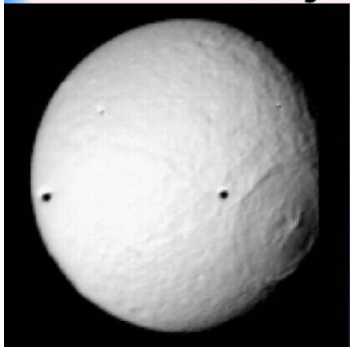
- Jena polokoule tmavší – prach
- Druhá světlejší – usazený led

Pohoří:  
dlouhé 1 300 km  
vysoké 15 km



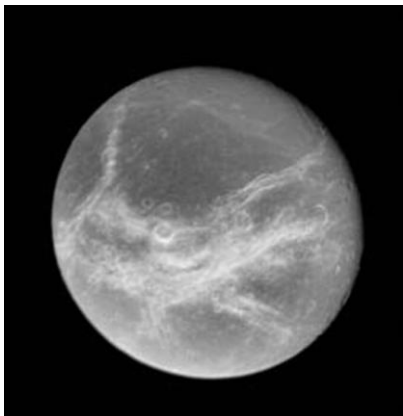
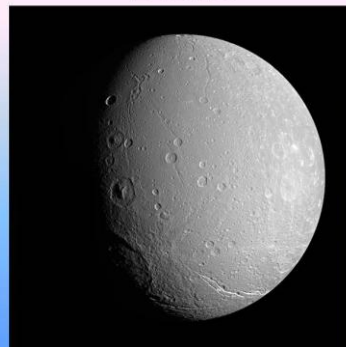
Kráter o průměru 580 km

## Tethys



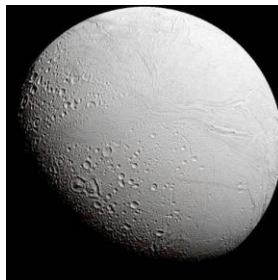
- Odysseus – největší kráter – 450 km
- Údolí Ithaca Chasma – šířka 100 km, hloubka 5 km

## Dione

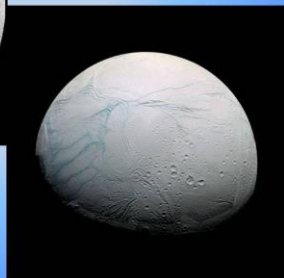


Ledový měsíc  
Krátery  
Praskliny

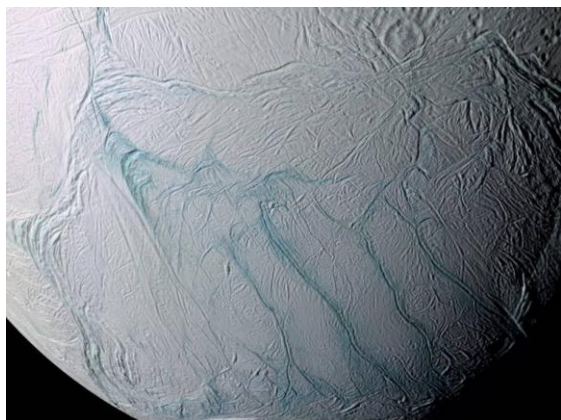
## Enceladus

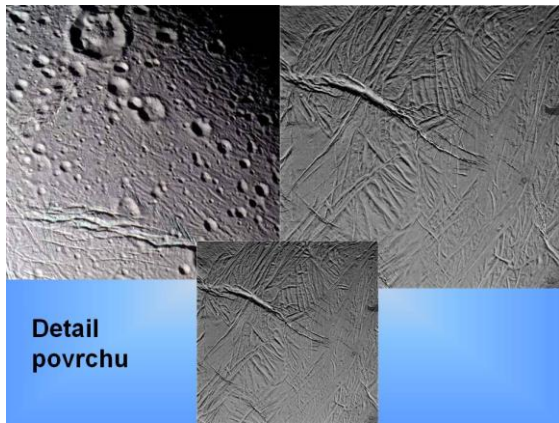
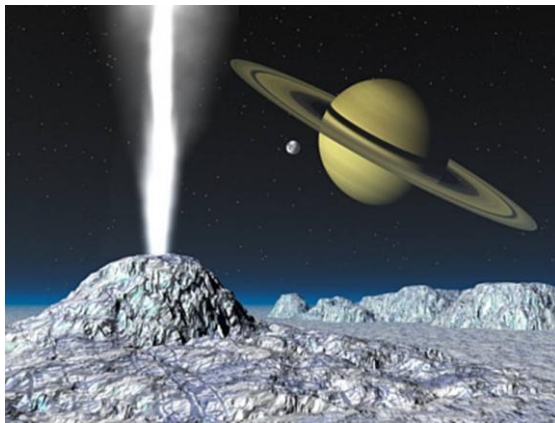
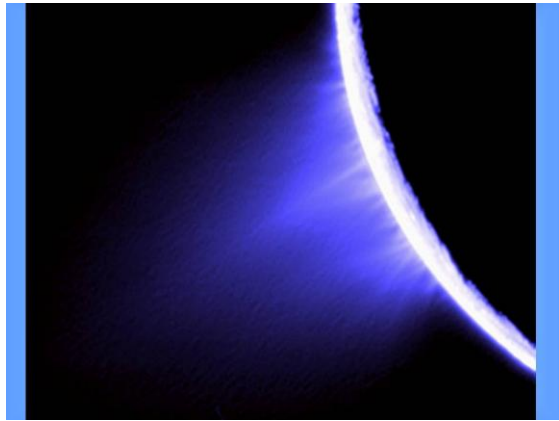


Rozměry: 513 na  
503 na 497 km




- ☐ Ledová měsíc
- ☐ Odráží až 90% světla
- ☐ Povrch: praskliny, pukliny, krátery
- ☐ Kryovulkanismus
- ☐ Teplota povrchu:  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $-128\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v prasklinách:  $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☐ Atmosféra: vodní pára 91 %, dusík 4 %, oxid uhličitý 3 % a metan 2 %
- ☐ Pod ledovou kůrou voda v tekutém stavu

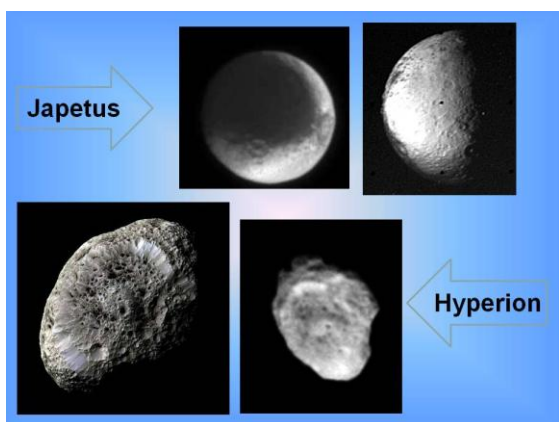
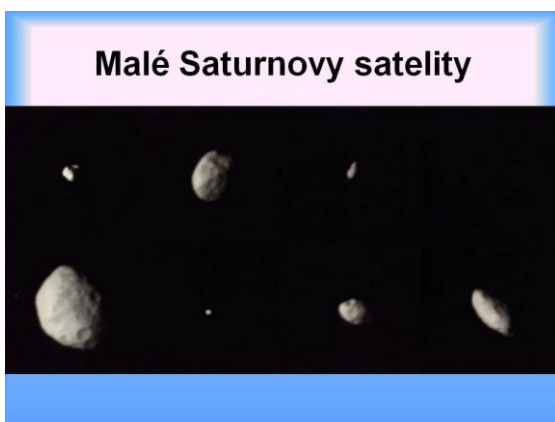
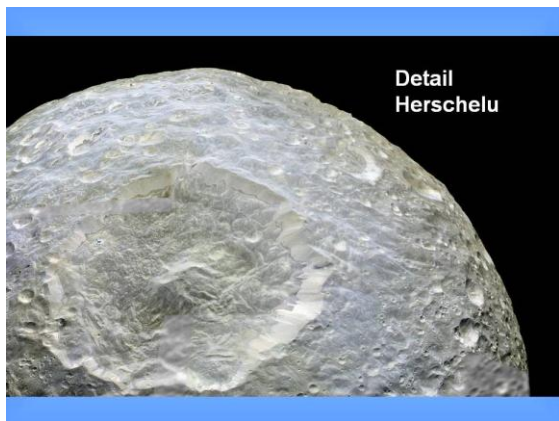


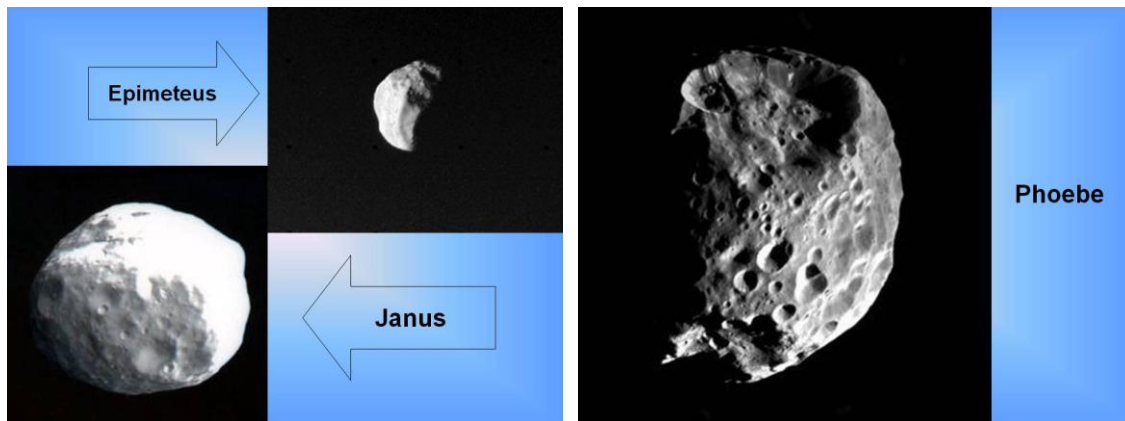


### Mimas



- Povrch – krátery a rýhy
- Herschel – největší kráter – průměr 140 km, val 5 km





## 10 Uran

Uran je předposledním plynným obrem ve sluneční soustavě. Byl objeven 13. března 1781 Williamem Herschelem. V perihéliu se ke Slunci přiblíží na pouhých 18,4 au<sup>13</sup>, což je 2, 7 miliard kilometrů, a v aféliu se vzdálí do vzdálenosti 20 au, což je 3 miliardy kilometrů. Oběh planetě v této vzdálenosti trvá přibližně 84,3 let. S rovníkovým průměrem 51 118 kilometrů je třetí největší planetou sluneční soustavy. Pólový průměr je o 1 172 kilometrů menší. Rotace je opět rychlá. Planeta se kolem osy otočí za 17 hodin 14 minut a 24 sekund. Stejně jako u Venuše i Uran má retrogradní rotaci. To znamená, že se otáčí opačně než ostatní planety naší soustavy.

Sklon rotační osy činí 97,8°, což znamená, že po oběžné dráze Uran obíhá po rovníku a ke Slunci se postupně natáčí póly. Důvod tak velikého sklonu rotační osy dosud není znám. Jedna z teorií tvrdí, že příčinou je hustá atmosféra, které díky sklonu, má odlišnou rotaci než pozorujeme u ostatních planet ve sluneční soustavě. Faktem je, že rotace Uranovy atmosféry je velmi složitá. Jsou oblasti, které rotují velmi rychle, pak rotace

<sup>13</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Uran, jsou publikace [114] až [126].

náhle utichá a opět se zesiluje. Další teorie počítá s kolizí s velkým tělesem při formování planety samotné. Takovýto sklon planety způsobuje při oběhu kolem Slunce jakési střídání dne a noci, které se nedají počítat na pozemské dny, ale na roky.

Celých 42 let je osvětlován jeden z pólů a pak dalších 42 let je v úplném stínu, protože Slunce osvětluje druhý z pólů.

Planeta má hustotu pouhých  $1\,270\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , což svědčí o složení hlavně z lehkých prvků, jako je vodík, helium, metan, čpavek a vodní led. I když Saturn má mnohem menší hustotu, tak přesto je hmotnější než Uran i Neptun. Uran je tedy nejlehčí z plynných obrů a jeho hmotnost je pouze 14,5krát větší než hmotnost Země.

Ve středu planety se nachází poměrně malé jádro, které se pravděpodobně skládá z křemičitanů, železa a niklu. Jeho velikost se odhaduje na 10 000 kilometrů. Tlak v jádře se odhaduje na 800 GPa a teplota na 5 000 °C. Nad jádrem se nachází plášť z vody, metanu a čpavku. Tato hustá a teplá kapalina má výborné elektrické vlastnosti, které umožňují vznik magnetického pole planety. Nad pláštěm nalezneme atmosféru. Některé teorie počítají s vrstvou ztuhlého vodního ledu, metanu a čpavku, jiné tvrdí, že plášť přechází plynule do atmosféry. Podle výskytu ledu se Uran a Neptun nazývají také ledoví obři. Planeta nemá téměř žádný zdroj vnitřního tepla, důvod, proč tomu tak, je dosud není známý.

Atmosféru tvoří z 83 % molekulární vodík, z 15 % helium, z 2 % metan. Dále jsou zastoupeny deuterium, ethan, čpavek, acetylen, oxid uhelnatý. Její mocnost se odhaduje na 4 000 kilometrů. Tlak atmosféry s hloubkou klesá, v horních vrstvách dosahuje 100 kPa a na rozhraní s pláštěm až 1 GPa. Její teplota činí  $-224\text{ °C}$ , což dělá z Uranu nejchladnější planetu. Ve vrstvách z metanu a čpavku je teplota vyšší, její hodnota je od  $-190\text{ °C}$  do  $-70\text{ °C}$ . Nejvyšší vrstvu tvoří vodík, který vytváří plazmovou korónu. Ta na přivrácené straně ke Slunci má teplotu až  $480\text{ °C}$ , ale na odvrácené straně dosahuje až  $730\text{ °C}$ . Dále od planety se vytváří plazmový obal z iontů a volných elektronů, které září více než u Slunce.

Pásová struktura podléhá osvětlení planety. Pokud Slunce svítí na póly, je její struktura méně výrazná bez velkých změn. Pokud ale Slunce svítí na rovník, pásy se zvýrazní a objeví se jejich struktura jako na jiných plynných planetách. Metan v atmosféře pohlcuje červenou část slunečního spektra, a proto se planeta barví do modrozelená, protože tuto část spektra rozptyluje. V atmosféře planety se vyskytuje oblačnost podobně jako na Neptunu. Pozorování ukázalo, že na severní polokouli jsou mračna menší,

světlejší a ostřeji ohraničená než na jižní polokouli. Délka života mračen je různá. Některá vydrží jen několik hodin a některá vykazují stabilitu i po několik let. V oblasti rovníku proudí větry rychlosti až  $360 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a pohybují se proti rotaci planety. V oblasti, kde je atmosféra nejchladnější, proudění zase téměř ustává. Pak se směr proudění mění po směru rotace planety a okolo  $60^\circ$  šířky dosahuje nejvyšších hodnot. Od této planetární šířky směrem k pólům se proudění opět zpomaluje. Maximální rychlost proudění dosahuje rychlosti až  $900 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , a to tehdy pokud v oblasti zuří bouře.

Uran má dipólové magnetické pole, které je podobné pozemskému, jen je výrazně větší. Sklon magnetické osy nekopíruje sklon osy rotační. Mezi oběma osami je úhel  $59^\circ$ . Uran není tak veliký, aby jeho magnetické pole vznikalo pomocí kovového vodíku, jako je tomu u Jupiteru a Saturnu. Za vznik pravděpodobně může složení pláště, který je složen z vysoce vodivé kapaliny z ledu a čpavku.

Kolem Uranu se nachází systém prstenců, které se skládají z částiček ledu, prachu a neznámé organické látky. Částice mají různou velikost od milimetrů až po 10 metrů. Třináct velmi tmavých tenkých prstenců jsou pojmenováno písmeny řecké abecedy:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$  atd. a čísla 4, 5, 6. Jejich mocnost je od 38 000 kilometrů do 98 000 kilometrů. Vznik těchto prstenců se odhaduje do doby před 600 miliony let, kdy se pravděpodobně srazily dva nebo více menších měsíců, které kolem planety obíhaly. Systém prstenců je v rovníkové oblasti planety a jednotlivé částičky tak podléhají Keplerovým zákonům a obíhají planetu kolmo k oběžné dráze.

Uran je již velmi vzdálenou planetou, a proto je jeho pozorování dosti obtížné. Při použití malého dalekohledu nebo triedlu je ho možné spatřit jako malou svítící tečku, ale bez přesné pozice ho není možné najít.

Kolem Uranu obíhá 27 přirozených a pojmenovaných satelitů. Jak systém prstenců, tak i měsíce obíhají kolmo k oběžné dráze planety.

Největší a nejhmotnější z Uranových měsíců je Titania s průměrem 1 576 kilometrů. Na povrchu měsíc jsou patrné krátery, rýhy a praskliny, což svědčí o vnitřní aktivitě měsíce. Není jasné, zda je měsíc dosud aktivní, nebo vzhled povrchu je jen pozůstatek z minulosti.

Druhý největší měsíc se jmenuje Oberon. Jeho průměr je 1 523 kilometrů. Také jeho povrch nese stopy po dopadu cizích těles. Dalšími útvary, které se nacházejí na měsíci, jsou pohoří a hluboké údolí. Výška pohoří dosahuje až 6 kilometrů. Povrch nese stopy po nedávné geologické aktivitě Oberonu.

Umbriel má průměr 1 170 kilometrů a je to nejtmavší měsíc obíhající kolem Uranu. Jeho povrch je pokryt krátery, které nemají paprskovité výběžky. Paprsky tvoří vyvržený materiál při vzniku kráteru. Je možné, že jsou překryty vrstvou tmavého prachu, který pokrývá celý měsíc a je pravděpodobně pozůstatkem geologické aktivity měsíce.

Satelit s rozměry 1 162 na 1 156 na 1 155 kilometrů je Ariel. Podle velikosti jde o čtvrtý největší satelit planety Uran. Ariel je nejsvětlejším měsícem, protože odráží nejvíce světla ze všech měsíců. Předpokládá se, že je z velké většiny tvořen ledem. Na jeho povrchu se nachází řada kráterů. Rýhy a praskliny svědčí o nedávné tektonické aktivitě měsíce.

Miranda je již menším tělesem s rozměry 480 na 468 na 466 kilometrů. Jeho hustota je velmi blízká hustotě samotného Uranu. Jedná se o bizarně vyhlížející měsíc, který má zvláštní nepravidelný tvar. V minulosti se měsíc srazil s jiným tělesem a po kolizi se jeho části opět zformovaly do jednoho tělesa. Na povrchu Mirandy jsou obrovské a dlouhé rýhy, které vytvářejí světlejší struktury tvaru písmene V. Rýhy a praskliny často dosahují výšky až 20 kilometrů. Patrné jsou sesuvy částí povrchu. Tyto útvary jsou důkazem geologické aktivity měsíce v dávné minulosti, ale možná i v současnosti. Části povrchu, na kterém se nacházejí krátery, jsou mnohem starší, než povrch s rýhami, který tvoří novější povrch.

Další měsíce jsou pravděpodobně zachycené asteroidy.

## 11 Neptun

Neptun je poslední planetou sluneční soustavy. Byl objeven teprve 23. září 1846 Johannem G. Gallem. V perihéliu se planeta k Slunci přiblíží na 29,8 au<sup>14</sup>, což je 4,5 miliard kilometrů a v aféliu se vzdálí na úctyhodných 30,4 au, což je 4,6 miliard kilometrů. Neptun kolem Slunce oběhne jednou za 164,79 let.

Rovníkový průměr je 49 528 kilometrů a zploštění planety již není tolik výrazné jako u předchozích plynných planet a činí pouhých 846 kilometrů. S tímto průměrem je Neptun čtyřikrát větší než Země. Rotace kolem osy je opět rychlejší, než bychom u tak velké planety předpokládali. Neptun se otočí kolem své osy jednou za 16 hodin 6 minut a 36 sekund.

---

<sup>14</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Neptun, jsou publikace [127] až [139].

Jádro planety přibližně zaujímá dvě třetiny jejího poloměru. Jedná se o kamenné jádro, které ale obsahuje v nemalém množství led, metan a čpavek, ale i železo a nikl. Teplota jádra se odhaduje na 5 400 °C a tlak na 700 GPa. Nad jádrem se rozkládá plášť, který podle modelů zaujímá jednu třetinu poloměru planety. Plášť se skládá hlavně z vodíku, hélia, metanu a vody. Při teplotě 2 000 °C až 5000 °C plyny tvoří horkou směs. Podle matematických modelů jsou v hloubce 7 000 kilometrů ideální podmínky jak teplotní, tak tlakové pro vznik diamantů z metanu. Na Neptunu by se mohl nacházet celý oceán diamantů. Vzniklé diamanty pak budou klesat k jádru. Proto se nevyplatí jejich těžba. Planeta je příliš vzdálená od Země a podmínky pro těžbu by nesplnil žádný existující stroj. Protože planeta obsahuje poměrně velké množství ledu, jako je tomu u Uranu, říká se jí nejen plynný obr, ale i ledový obr.

Atmosféra planety má velikost 5 000 až 10 tisíc kilometrů a její složení je převážně vodík (až 80 %), hélium (až 19 %) a dále bychom zde našli stopové množství metanu, deuteria a ethanu. Průměrná povrchová teplota dosahuje hodnoty -201 °C a směrem k jádru roste.

Metan pohlcuje červenou část spektra a modrozelenou rozptyluje, proto má planeta modrozelenou barvu, která je rozlišitelná i v dalekohledu. V atmosféře se objevují tmavě modré skvrny, tak jako je tomu i na ostatních plynných planetách. Větší z nich se jmenovala Velká tmavá skvrna a druhá Malá tmavá skvrna. V průběhu pozorování tyto skvrny mizí a jinde se objevují nové. Všechny skvrny jsou jakási oka hurikánů. Bouře odváne horní vrstvu oblačnosti a tmavě modrá barva skvrny je oblačnost v nižších vrstvách atmosféry. Neptun má největší rychlost proudění v atmosféře ze všech planet sluneční soustavy. Oblaka se pohybují rychlostí od 72 km·h<sup>-1</sup> do 1170 km·h<sup>-1</sup>. Vrcholky mračen dokonce dosáhnou rychlosti až 1 440 km·h<sup>-1</sup> a při bouřích, které na planetě jsou velmi časté, až 2 160 km·h<sup>-1</sup>. Většina větrů vane proti směru rotace planety v rovníkové oblasti. Na povrchu vznikají bílá mračna podobná cirrům, které známe ze Země. Předpokládá se, že jsou tvořena krystalky vodního ledu a metanu.

Neptun vyzařuje 1,1krát více energie ve formě infračerveného záření, než kolik energie přijímá od Slunce. Původ této energie je z rozpadu radioaktivních látek, které planeta získala při svém vzniku. Tato energie se uvolňuje v podobě vzestupných proudů, které způsobují tryskové proudění.

Na planetě se také střídá čtvero ročních období. Teplejší léto a chladnější zima má teplotní přechod přes jaro a podzim. Podobnost s pozemským střídáním období je ale



velmi vzdálená. Jednotlivá období trvají zhruba 40 let a projevují se hlavně změnami v oblačnosti. Toto střídání je dáno sklonem rotační osy, které činí  $28,36^\circ$ .

Planeta má dipólové magnetické pole, které vzniká podobně jako u Uranu díky vodivé kapalině v nitru planety. Magnetická indukce je 27krát větší než u Země. Magnetická osa je skloněná oproti rotační ose o  $46^\circ$  a je posunuta o 13 000 kilometrů od středu planety. Stejně anomálie vykazuje i magnetická osa Uranu. V oblasti magnetických pólů vznikají polární záře.

Kolem planety se nachází systém pěti prstenců, které nesou jména Galle, Le Verrier, Lassell, Arago a Adams. Jejich šířka je od 35 kilometrů až do 4 000 kilometrů. Tvoří je částičky ledu, jejich povrch je pokryt křemičitany nebo materiálem na bázi uhlíku, který způsobuje červené zbarvení prstenců. Předpokládá se, že Neptunovy prstence jsou mladšího věku, což znamená, že se zformovaly až po vzniku planety.

Kolem Neptunu obíhá 14 dosud objevených přirozených satelitů.

Největší z nich se jmenuje Triton a jeho průměr je 2 706 kilometrů, zároveň je sedmým největším satelitem ve sluneční soustavě. Jeho rotace je retrográdní, tedy proti rotaci planety, což by svědčilo o gravitačním zachycení toto tělesa Neptunem. Povrch tělesa tvoří převážně zmrzlý dusík, vodní led a zmrzlý oxid uhličitý. V malém množství se také vyskytuje metan a oxid uhelnatý. Těleso se s vysokou pravděpodobností diferencovalo, takže ho tvoří jádro, plášť a kůra. Jádro tvoří nejhustší materiál, takže je kovo-kamenné. Nad jádrem se nalézá plášť, kde převažuje led různých chemických sloučenin. Také je možné, že část pláště je v tekutém stavu. Měsíc je dosud geologicky aktivním tělesem, které bere energii z rozpadu radioaktivních prvků. Gejíry na povrchu tělesa chrlí velké množství dusíkatých plynů, prachových částiček, které doplňují atmosféru Tritonu.

Atmosféra je velmi řídká a na povrchu je tlak od 1,4 do 1,9 Pa. Skládá se hlavně z dusíku a oxidu uhelnatého a stopového množství metanu. Dusík a prachové částice vytvářejí v atmosféře mračna a ve větších výškách nad povrchem se nalézají mlhy z uhlovodíků. Prach pak klesá na povrch měsíce a zbarvuje jeho povrch. Čím je povrch měsíce více pokryt prachem, tím více přijímá tepla ze Slunce, a tím více roste jeho povrchová teplota. Nyní povrchová teplota dosahuje úctyhodných  $-235^\circ\text{C}$ .

Na povrchu tělesa jsou viditelné kaňony, brázdy, skály a ledové plochy. V malé míře se zde vyskytují krátery, což svědčí o mladém povrchu, který je stále přetvářen tektonickou a kryovulkanickou činností. Gejíry dusíku a prachových částiček stoupají do výšky až 8 kilometrů nad povrch měsíce. Na jižním pólu je patrná polární čepička, která je tvořená

zmrzlým dusíkem a metanem. Stejná čepička bude s vysokou pravděpodobností i na severním pólu.

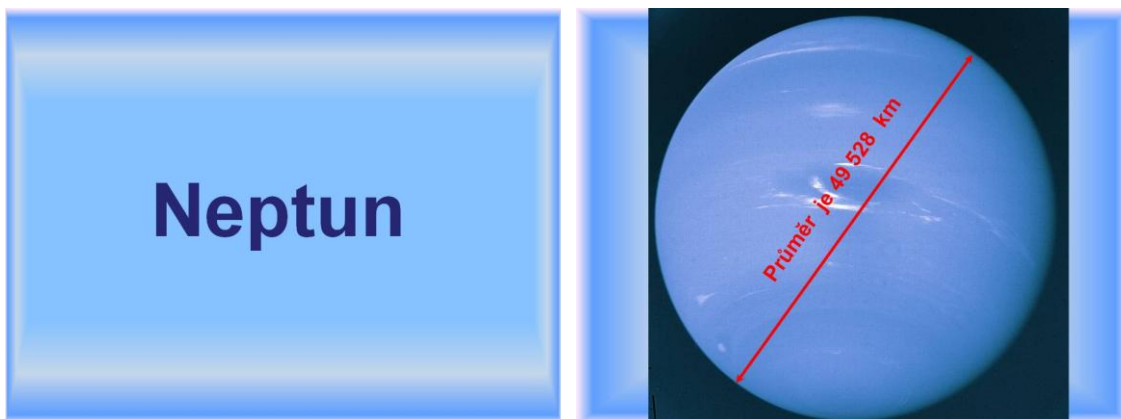
Na povrchu měsíce byly objeveny také čtyři téměř kruhové útvary, které jsou velmi ploché a vznikly v důsledku erupce ledové lávy, která se rozlila na povrchu a vytvořila jezero, které poté zamrzlo. Křížem krážem se na měsíčním povrchu táhnou dlouhé hřebeny, zlomy a rýhy, které jsou také důsledkem tektonické činnosti tělesa.

Druhým největším Neptunovým satelitem je Proteus. Má velmi tmavý povrch, takže odráží pouze 6 % slunečního světla. Jeho rozměry jsou 424 na 390 na 396 kilometrů, což je pravděpodobně nejmenší možná velikost, aby se mohlo těleso zformovat do tvaru koule při daném složení. Měsíc má velmi nepravidelný tvar, ale již není geologicky aktivním tělesem.

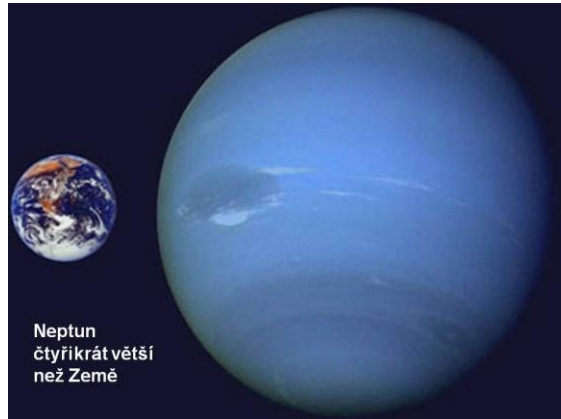
Nereida s průměrem 340 kilometrů je třetím největším měsícem Neptunu. O tomto tělese příliš nevíme, protože se k němu nepřiblížila dosud žádná sonda, která by pořídila kvalitní fotografie a provedla měření. Planetu oběhne za 360 dní.

Dalšími nepravidelnými měsíci, které nenesou stopy geologické aktivity, jsou Larissa, Galatea, Despina, Thalassa, Naiada.

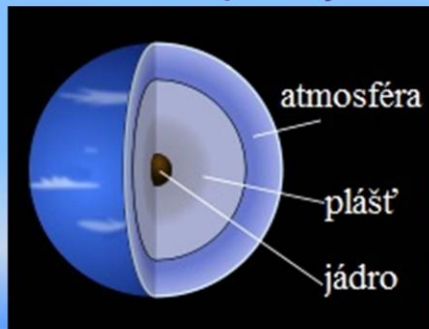
### Prezentace: Neptun



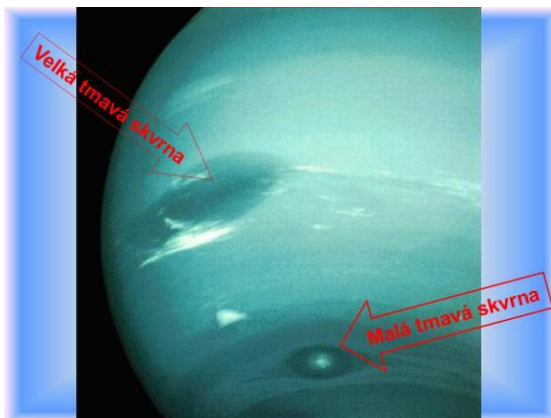
- Objev – 23.9. 1846 – Johann G. Galle
- Perihélium – 29,8 au – 4,5 miliardy km
- Afélium – 30,4 au – 4,6 miliardy km
- Rok – 164,79 let
- Den – 16 h 6 min. 36 s
- Zploštění – malé – rozdíl – 846km
- Sklon rotační osy 28,36°



### Složení planety



- Jádro – 2/3 poloměru planety – kamen, led, metan, amoniak, železo a nikl
- Teplota 5 400 °C a tlak – 700 GPa
- Plášť – vodík, hélium, metan a voda
- Teplota – 2 000 °C až 5 000 °C
- Oblast 7000 km – diamanty z metanu
- Atmosféra – 5 000 – 10 000 km
- Složení: vodík, helium, metan, deuterium a ethan
- Průměrná povrchová teplota: –201 °C



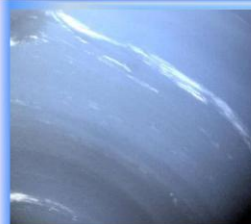
Skvrny vznikají a zanikají – „okno“ do nižších vrstev atmosféry



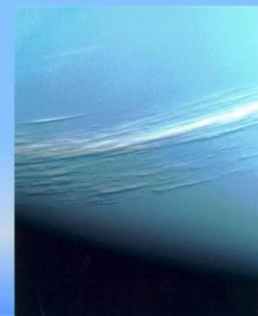
### Proudění

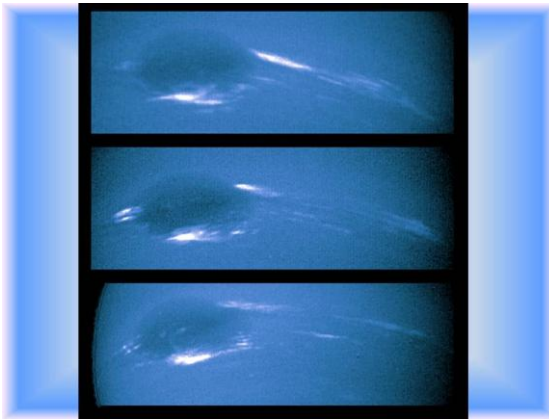
- Rychlost – oblačnosti do 72 km/h do 1170 km/h.
- Vrcholky mračen – rychlost až 1440 km/h
- Při bouřích – až 2160 km/h – největší rychlost ve sluneční soustavě
- Většina větrů vane proti směru rotace v rovníkové oblasti
- Vzestupné proudy – energie z nitra – tryskové proudění

### Oblačnost



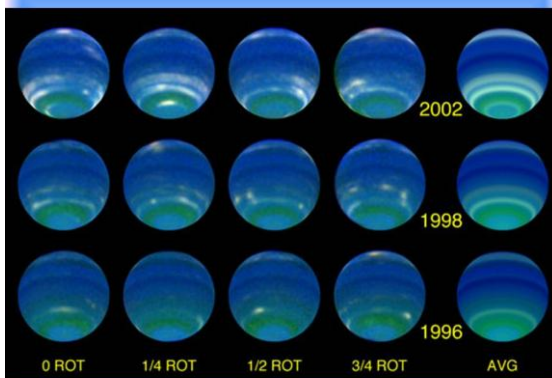
Cirry – krystalky vodního ledu a metanu



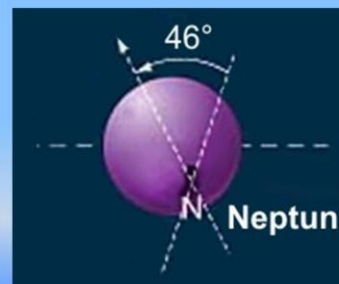


## Střídání ročních období

- Čtvero ročních období – jaro, léto, podzim, zima
- Teplejší léto a chladnější zima
- Teplotní přechod přes jaro a podzim
- Jednotlivé období – zhruba 40 let
- Projev - změnami v oblačnosti
- Sklonem rotační osy:  $28,36^\circ$

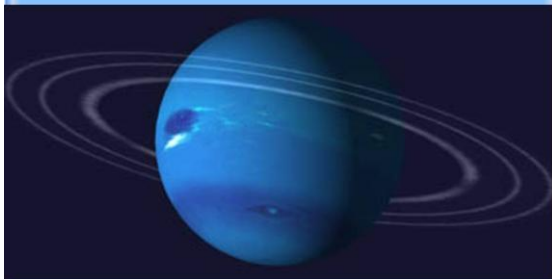


## Magnetosféra

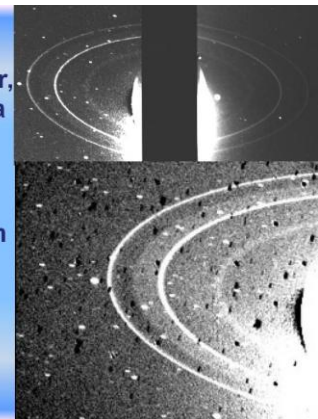


- Odklon magnetické osy o  $46^\circ$  od rotační osy
- Posun vůči středu o 13 000 km

## Prstence



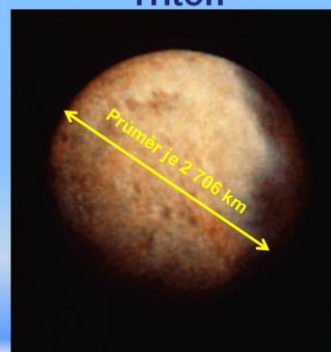
- Pět prstenců
- Galle, Le Verrier, Lassell, Arago a Adams
- Složení: částice ledu, pokryté uhlíkem – červený nádech
- Velikost: od 35 km do 4000 km



## Přirozené satelity

- Celkem 14 měsíců
- Většina pojmenovaných
- Největší – Triton
- Ostatní – málo informací

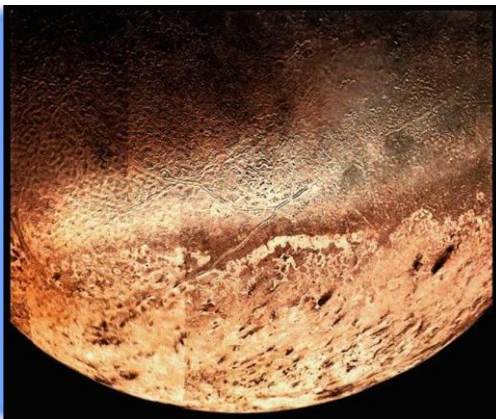
## Triton



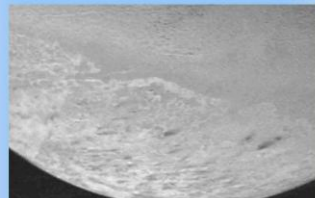
- Retrogradní rotace
- Zachycené těleso
- Složení: jádro – kameno – kovové  
plášť – dusíkový a vodní led  
kůra – zmrzlý dusík, vodní led,  
oxid uhličitý, metan a oxid  
uhlenatý
- Geologicky aktivní – kryovulkanismus
- Atmosféra – řídká – dusík, oxid  
uhlenatý, metan, prach



- Oblaka – dusík a prachové částice z  
gejzírů
- mlha – uhlovodíky
- Povrchová teplota: – 235 °C
- Povrch – mladý – málo kráterů
- Stopy po tektonické a kryovulkanické  
činnosti: kaňony, brázdy, skály a  
ledové plochy, hřebeny, zlomy a rýhy
- Polární čepičky – zmrzlý dusík a metan

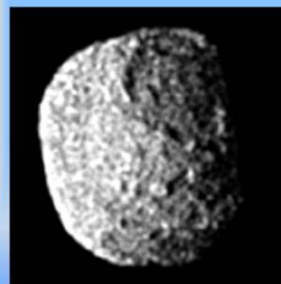


### Projevy kryovulkanismu

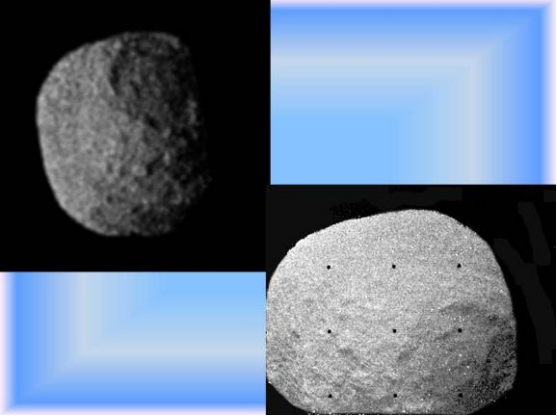


- Detail povrchu
- ledová plocha
  - kráter

### Proteus

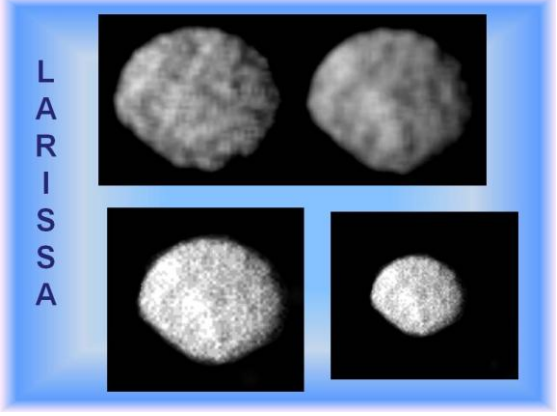


- Druhý největší  
měsíc
- Rozměry : 424 na  
390 na 396 km
- Nejtmavší těleso  
ve sluneční  
soustavě
- Odráží pouze 6 %  
slunečního svítu




### Nereida

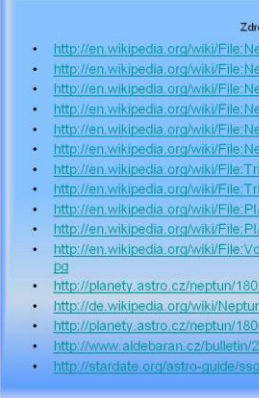
- Třetí největší měsíc
- Průměr 340 km
- Velmi málo informací
- Oběh kolem planety za 360 dní



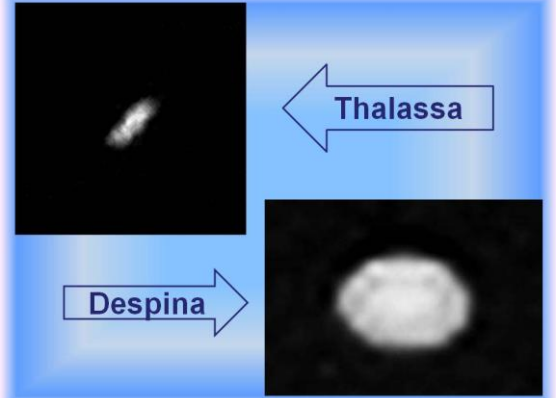
L  
A  
R  
I  
S  
S  
A



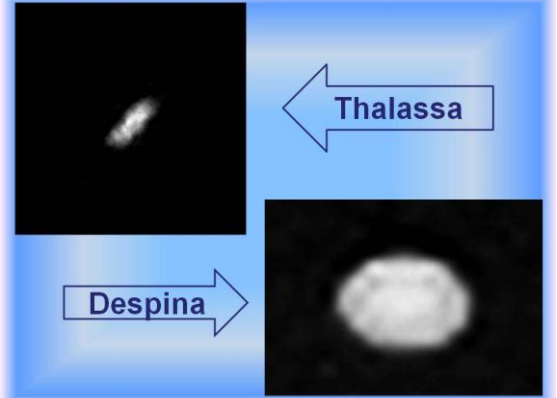
Galatea



Naiada



Thalassa



Despina

Zdroje obrázků

- <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune.jpg>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune\\_Earth\\_size\\_comparison.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune_Earth_size_comparison.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune\\_clouds.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune_clouds.jpg)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptunerings.jpg>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune\\_storms.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune_storms.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune%27s\\_Great\\_Dark\\_Spot.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Neptune%27s_Great_Dark_Spot.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton\\_moon\\_mosaic\\_Voyager\\_2\\_\(large\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton_moon_mosaic_Voyager_2_(large).jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton\\_\(moon\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Triton_(moon).jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:PIA01538\\_Triton\\_flipped\\_v.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:PIA01538_Triton_flipped_v.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:PIA01537\\_modest.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:PIA01537_modest.jpg)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Voyager\\_2\\_Triton\\_14bg\\_r90ccw\\_colorized.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Voyager_2_Triton_14bg_r90ccw_colorized.jpg)
- <http://planetv.astro.cz/neptun/1802-mesice-neptunu>
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Neptun\\_\(Planet\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Neptun_(Planet))
- <http://planetv.astro.cz/neptun/1800-snimky-planety-neptun>
- [http://www.aldebaran.cz/bulletn/2006\\_31\\_pla.php](http://www.aldebaran.cz/bulletn/2006_31_pla.php)
- <http://stardate.org/astro-guide/ssquide/triton>

## 12 Trpasličí planety

Trpasličí planeta je nebeské těleso, které obíhá kolem Slunce a má dostatečnou hmotnost, aby svojí vlastní gravitací překonalo vnitřní síly pevného tělesa, takže dosáhne tvaru odpovídajícího hydrostatické rovnováze neboli tvaru přibližně koule. Svojí gravitací není schopno vyčistit okolí své dráhy a nesmí být satelitem. S výjimkou satelitů se pak všechny ostatní objekty obíhající kolem Slunce nazývají společným názvem malá tělesa sluneční soustavy. Jsou to asteroidy, komety, transneptunické objekty a další malá tělesa.

Trpasličím planetám, které mají podobné složení jako Pluto a nachází se za dráhou Neptunu, se také říká společným jménem plutoidy.

Prvním tělesem je Ceres, který obíhá v hlavním pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem. Jedná se o největší těleso v této oblasti. Rozměry jsou 974 na 910 kilometrů<sup>15</sup> a těleso má tedy téměř kulový tvar. Doba rotace je pouhých 9 hodin. Ceres má kamenné jádro, které obklopuje vrstva vodního ledu. Na povrchu tělesa byla zjištěna přítomnost uhlíku a jiných organických látek. Kolem tělesa je velmi tenká a řídká atmosféra tvořená převážně z vodní páry. Atmosféra vzniká díky slunečnímu větru.

Nejznámější trpasličí planetou je Pluto, které donedávna bylo zahrnováno mezi planety. Díky zvyšujícímu se počtu objevených transneptunických těles byla v roce 2006 vyřazena ze skupiny planet a zároveň byl definován rozdíl mezi planetou a trpasličí planetou. Pluto se nachází za dráhou planety Neptun. V perihéliu je vzdálenost Pluta od Slunce 29,7 au, což je 4,4 miliard kilometrů, a v aféliu je jeho vzdálenost 48,9 au, což je 7,3 miliard kilometrů. Jeden oběh Plutu trvá 247,7 let. Během oběhu se Pluto dostává blízko ke Slunci než Neptun. Zároveň je jeho oběžná dráha skloněna o 17° vůči ekliptice a je nestabilní. Předpověď oběhu se dá přesně určit jen na 20 miliónů let do budoucnosti i do minulosti.

Pluto se nikdy s Neptunem nemůže srazit, jen se k němu přiblíží. Když jsou obě tělesa nejbližší k sobě, Pluto se nachází 8 au nad úrovní oběžné dráhy Neptunu a tudíž dostatečně daleko, než aby došlo ke srážce. Pluto se otočí kolem rotační osy za 6 dní 9 hodin 17 minut a 36 sekund. Sklon rotační osy je 119°. Pluto podobně jako Venuše a Uran rotuje retrográdně, tedy opačným směrem než ostatní planety. Průměr tělesa činí 2 388 kilometrů.

Pluto má průměrnou hustotu  $2\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , což odpovídá složení tělesa z 50 % křemičitanů a 50 % z ledu, nebo ze 70 % z křemičitanů a z 30 % z ledu. Díky rozpadu radioaktivních látek má Pluto kamenné jádro o poloměru 1 200 kilometrů. Nad jádrem se nachází ledový plášť o mocnosti až 100 kilometrů. Mezi jádrem a pláštěm se může nacházet oceán kapaliny složený převážně z vody. Povrch je podle měření velmi barevný od černé přes červenou a oranžovou až po bílou barvu. Během oběhu tělesa kolem Slunce dochází ke změnám barev, což je způsobeno sublimací dusíku, která probíhá na

---

<sup>15</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Trpasličí planety, jsou publikace [140] až [159].

povrchu. Ze spektrální analýzy bylo zjištěno složení povrchu, který se hlavně skládá ze zmrzlého dusíku, a to až z 98 %, a zbytek tvoří zmrzlý metan a ethan. Také je možné, že se na povrchu vyskytuje oxid uhelnatý v pevném stavu. V polárních oblastech se vyskytují polární čepičky, kde se nachází vrstva zmrzlého dusíku. Pokud se Pluto přiblíží ke Slunci, zahřeje se povrch na  $-218\text{ °C}$  a zmrzlý dusík začne sublimovat, čímž se povrch tělesa opět ochladí na  $-230\text{ °C}$ . Nejnižší zjištěná povrchová teplota na Plutu dosahuje jen  $-240\text{ °C}$ .

Kolem tělesa se vyskytuje plynný obal o přibližné tloušťce 60 kilometrů. Atmosférický tlak u povrchu dosahuje hodnoty pouhých 0,3 Pa a teplota dosahuje hodnoty  $-230\text{ °C}$ . Atmosféra má podobné složení jako je povrch, nejvíce je zastoupen opět dusík, pak metan (zhruba 0,6 %) a také oxid uhelnatý (přibližně 0,05 %). Ethan, který je přítomen na povrchu, vzniká fotolýzou metanu v atmosféře.

Pluto má pět přirozených satelitů. Poslední z nich byl objeven až v roce 2012. Největší nese jméno Charón a jeho průměr činí 1 205 kilometrů. Kolem Pluta obíhá ve vzdálenosti 17 536 kilometrů a má s ním váznou rotaci. To znamená, že jsou k sobě tělesa přivrácena stále stejnými stranami. O složení Charónu není příliš informací. Spektrální analýza odhalila na jeho povrchu přítomnost hydrátů čpavku a krystalky ledu. Na povrchu by mohly existovat gejzíry, které by do okolí chrlily vodu v kapalném stavu. Voda by pak tvořila krystalky, které by se snášely na povrch.

Charón podle nejnovější teorie mohl vzniknout jako náš Měsíc při tečné srážce jiného tělesa s Plutem. Další možností je, že se jedná o těleso, které bylo gravitačně zachyceno a pochází z oblasti Kuiperova pásu.

Dalšími satelity jsou Hydra a Nix, které obíhají kolem Pluta po téměř kruhových drahách. Průměry obou těles zatím nejsou zcela upřesněny. Průměr satelitu Hydry se odhaduje na 114 kilometrů a u Nixu 91 kilometrů. Nedávno objevené satelity Kerberos a Styx mají průměry v rozsahu od 10 do 34 kilometrů a jsou to pravděpodobně zachycená kometární jádra.

Další trpasličí planetou, která se nachází za oběžnou dráhou Neptunu, je Haumea. Její tvar je netypický protože se jedná o elipsoid. Rozměry tohoto tělesa jsou 1 960 na 1 518 na 990 kilometrů a rotační doba je 3,9 hodin. Dráha je výrazně excentrická, a tak v perihéliu je vzdálenost od Slunce 34,7 au a v aféliu 51,5 au. Oběžná doba je 283 let. Kolem tělesa obíhají dva měsíce. Hi'iaka, který má 310 kilometrů v průměru a je větší a jasnější než druhý měsíc Namaka.



Mezi transneptunické trpasličí planety patří také Makemake. Těleso se v perihéliu nachází ve vzdálenosti 38,5 au a v aféliu je vzdálená 53,1 au. Oběžná doba je 310 let. Rozměry tělesa jsou 1 502 na 1 430 kilometrů. Z měření bylo zjištěno, že povrch tělesa je tvořen hlavně dusíkatým ledem, metanem, ethanem a organickými látkami. Vše je v pevném stavu, protože povrchová teplota je pouhých  $-233\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V blízkosti perihélia se kolem tělesa vytváří stabilnější plynný obal, který je tvořen hlavně metanem, ale přítomen je i dusík. Obě látky díky větší síle slunečního větru sublimují z povrchu a vytvářejí kolem Makemake velmi tenkou a řídkou atmosféru.

Eris s průměrem 2 326 kilometrů je další z rodiny trpasličích planet. Je dokonce větší než Pluto a také se označovala za desátou planetu sluneční soustavy, než bylo rozhodnuto, že tato tělesa vytvoří novou kategorii trpasličích planet. Úctyhodných 560 let trvá tomuto tělesu oběh po své dráze. V perihéliu se přiblíží na vzdálenost pouhých 38,3 au, ale v aféliu se dostává do oblasti až za Kuiperův pás, do vzdálenosti 97,6 au. Stejně jako ostatní tělesa tohoto typu i Eris se skládá ze zmrzlého dusíku, metanu, etanu a červené zbarvení mu dodávají organické sloučeniny. Povrchová teplota se mění se vzdáleností od Slunce od  $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-243\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kolem tělesa obíhá měsíc, který se jmenuje Dysnomia.

## 13 Planetky

Planetky jsou tělesa o velikosti několika desítek metrů až po stovky kilometrů, která obíhají kolem Slunce. Odhaduje se, že celková hmotnost všech planetek není větší než 0,6 hmotnosti<sup>16</sup> Země. Jejich tvar je nepravidelný a většinou nepřesáhnou velikost 100 kilometrů. Jen několik těles má průměr od 400 kilometrů do 750 kilometrů. Tato tělesa jsou schopna svoji vlastní gravitací se zformovat do tvaru koule. Samozřejmě vždy záleží také na materiálu, který těleso tvoří.

Čím jsou tělesa menší, tím jsou také početnější. Jedná se převážně o kamenná tělesa. Jasnost planetek většinou kolísá, což je způsobeno dopadem světla na rotující nepravidelné těleso. Perioda rotace je v řádu hodin. Povrch těchto těles je pokryt krátery po dopadech menších těles. Hustota u planetek má různou hodnotu podle složení, od  $1\ 000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  přes  $3\ 600\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  až po  $7\ 900\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  jak víme ze zkoumání železných

---

<sup>16</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Planetky, jsou publikace [160] až [164].

meteoritů nalezených na Zemi. Kolem planetek mohou obíhat ještě menší tělesa (měsíce), která jsou zachycena gravitací.

Planetky se dělí podle chemického složení. Nejčastější typ je C, což jsou křemičitanová tělesa z hydratovaných křemičitanů s příměsí uhlíku nebo organických sloučenin. Tělesa z křemičitanů s velkým obsahem uhlíku a organických látek řadíme do typu D a P. Tato tělesa jsou tmavá a mají nízkou odrazivost světla. Typ T má významný výskyt vodního ledu. U typu S se jedná o křemičitano-železitá tělesa, kde se dá nalézt např. olivín. Typ M jsou železné planetky. Typy T, S a M mají světlejší povrch, a tím i větší odrazivost světla.

Nejvíce z pozorovaných planetek se nachází v hlavním pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem. Evidováno je jich kolem 400 000 z celkového odhadovaného množství až 1,9 miliónů planetek. Některá mají své jméno, ale většina má pouze číslo. Pojmenovat planetku má právo její objevitel. Jméno nesmí být delší než 16 znaků, včetně mezer a interpunkce. Nesmí být neslušné. Musí být vyslovitelné v nějakém jazyce. Nemělo by být podobné jménu již pojmenované planetky nebo satelitu planet. Jména spojená s armádou a politikou jsou použitelná až po 100 letech od úmrtí jedinců, kteří byli jejich nositeli. Jména domácích mazlíčků sice nevadí, ale nejsou využívána.

Další, mnohem rozsáhlejší oblast je za dráhou planety Neptun, zde je pozorování velmi obtížné. Poměrně dost planetek se také vyskytuje kolem Země. Příkladem je planetka Eros patřící do rodiny Amorů, které patří do skupiny nebezpečných těles. Sice nekříží dráhu Země, ale dostávají se do její blízkosti, a tak není vyloučená srážka se Zemí. Eros má rozměry 34 na 11 na 11 kilometrů a rotuje s periodou 5 hodin 16 minut. Na straně přivrácené ke Slunci dosahuje teplota hodnoty až 100 °C a na odvrácené jen -150 °C.

Dráhy některých planetek mají podobné trajektorie jako periodické komety a pravděpodobně budou mít tato tělesa společný vývoj.

Trójané jsou planetky, které se nacházejí v libračních bodech soustavy Jupiter a Slunce. Tato tělesa se pak společně pohybují s Jupiterem na stejné oběžné dráze. Jedna skupina se nachází 60° před Jupiterem a druhá 60° za ním. Bylo napočítáno až 4 000 těchto těles. Kentauři jsou skupinou těles, které se vyskytují mezi drahami Jupitera a Neptunu. Část má složení planetek a část jsou zachycená kometární jádra. Tělesa mají tmavou barvu a skládají se z křemičitanů a ledu.

Přesná hranice mezi meteoroidem a planetkou neexistuje. Jedná se o zbytky z komet a menší části planetek, které vznikají při vzájemných srážkách. Jakmile těleso vletne do

atmosféry a začne vlivem tření svítit, již se nazývá meteor. Většina těles, která se dostanou do atmosféry, je zničena. Kolem prolétajícího tělesa vzniká ionizovaný vzduch, který svítí, a tím také přispěje k vytvoření světelné stopy. Pokud je meteoroid dosti veliký, v atmosféře nedojde k jeho úplnému zničení. Části, která dopadne na povrch Země, říkáme meteorit. Při dopadu na Zem vzniká kráter, který je mnohonásobně větší než meteorit a uvolní se velké množství energie.

## 14 Komety

Jedná se malá tělesa sluneční soustavy, která se pohybují po protáhlé elipse. Vlastní těleso komety se nazývá jádro. Je složeno převážně ze směsi ledu, prachových částic a zmrzlých plynů, jako je oxid uhličitý, oxid uhelnatý, metan, ale i z organických sloučenin. Jádro vzniká pomalým hromaděním ledových krystalek na prachových částicích, které jsou pozůstatkem po formování planet na periférii sluneční soustavy. Průměrná hmotnost jádra je 10 miliard tun<sup>17</sup> a hustota pouhých  $600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Průměr jádra větší komety se odhaduje na 10 až 20 kilometrů.

Pokud jsou kometární jádra mimo vnitřní oblast sluneční soustavy, nejsou pozorovatelná a nijak se neprojevují. Jakmile se kometa dostane do blízkosti Slunce, díky gravitačnímu působení jiných těles začnou její části pomalu sublimovat a kolem jádra vzniká plynný obal, který má průměr desítky až stovky kilometrů. Obal kolem jádra se jmenuje koma. Koma je složena z molekul oxidu uhličitého a uhelnatého, metanu, amoniaku a dalších iontů a radikálů. Někdy se také vyskytují atomy železa, draslíku, vápníku, mědi, niklu a chromu. Největších velikostí dosahuje koma ve vzdálenosti 210 miliónů kilometrů od Slunce. V této vzdálenosti se začne vytvářet prachový a plazmový chvost, který se vždy natáčí směrem od Slunce. Je to způsobeno slunečním větrem, který odnáší jednotlivé částice chvostu. Chvostu se také říká ohon nebo ocas. Chemické složení je převážně tvořeno ionizovanými atomy a molekulami plynů, které se uvolňují z jádra a tvoří komu. Velikosti a tvary chvostů jsou různé, někdy dosahují do vzdálenosti až stovek miliónů kilometrů a u malých komet naopak nevznikají žádné. Hustota částic ve chvostu je 100krát menší než hustota částic komy.

---

<sup>17</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Komety, jsou publikace [165] až [177].

Kometární jádra odráží v průměru jen 3 % světla, což z nich dělá nejtmaší objekty ve sluneční soustavě. Díky slunečnímu záření dochází nejen k sublimaci komety, ale i k excitaci uvolněných iontů. Při deexcitaci dochází k vyzáření přijaté energie ve formě světelného, ultrafialového, ale i rentgenového záření, takže koma a chvost jsou nejen světelným zdrojem. Jasnost komety je různá, závisí na aktivitě. Čím je aktivita větší, tím více hmoty se uvolní a tím je i kometa jasnější. Jak kometa obíhá kolem Slunce a ztrácí čím dále více hmoty, dojde v průběhu času k jejímu úplnému zániku.

Komety dělíme na krátkoperiodické, jejichž oběh kolem Slunce je kratší, než 200 let. Jejich dráha svírá s rovinou ekliptiky jen malý úhel do 20°. Tyto komety mají životnost řádu stovek tisíc let a pocházejí z Kuiperova pásu, který se nachází ve vzdálenosti 30 au až 50 au. Tyto komety obíhají většinou ve stejném směru jako planety a jejich trajektorie dosahují do vzdálenosti velkých planet, jako je Jupiter až Neptun. Velké planety jsou svojí gravitací schopny změnit dráhy dlouhoperiodických komet, a tím je přeměrovat do rodiny komet krátkoperiodických komet. Někdy planeta svojí gravitací změni dráhu komety natolik, že dopadne na její povrch.

Druhou skupinou jsou dlouhoperiodické komety, které pocházejí z Oortova mračna, které má kulový tvar s vnitřním průměrem 20 000 au a zasahuje do vzdálenosti až 100 000 au. Jejich perioda je delší než 200 let a dráha svírá s rovinou ekliptiky libovolný úhel. Oběžná doba těchto těles je většinou statisíce až milióny let. Při hyperbolické nebo parabolické trajektorii dojde pouze k jednomu oběhu tělesa kolem Slunce a poté opustí naši sluneční soustavu. V Oortově mračně se odhadem nachází až bilión kometárních jader, které původně vznikly v oblasti mezi Uranem a Neptunem a do této oblasti se dostaly díky gravitačnímu působení nejen Slunce a velkých planet, ale také okolních hvězdných systémů a obřích molekulárních mračen v centru Galaxie. Většina kometárních jader směřuje do mezihvězdného prostoru. Jen několik se jich díky slapovému působení dostává do vnitřní oblasti sluneční soustavy.

Od roku 1995 funguje nové dělení komet. Komety označené písmenem C mají určenou dráhu oběhu, P mají určenou periodu, X nemají určenou dráhu a písmeno D označuje komety, které zanikly. Jádra se mohou rozpadnout vlivem gravitace větších těles, nejčastěji je to díky Slunci, kdy se kometa rozpadne při průletu perihéliem. Dalším tělesem v pořadí je Jupiter.

Mezi nejznámější komety určitě patří Halleyova kometa, která má průměrnou periodu 76 let, takže se jedná o krátkoperiodickou kometu. Má 30 záznamů o svém návratu ke

Slunci. Další návrat se očekává v roce 2061. Kometa se pohybuje retrográdně, tedy proti směru oběhu planet. Jádro má rozměry 8 na 8 na 15 kilometrů a je velmi tmavé díky organickým sloučeninám a prachu. Další složení je led, sníh, ztuhlý oxid uhličitý a uhelnatý. Jádro komety je porézní, protože hustota je pouhých  $600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Kometa Hyakutake byla pozorována v roce 1996. Její ohon dosahoval délky až 500 miliónů kilometrů. Oběžná doba po průchodu sluneční soustavou se zvýšila na 70 000 let. Kometa svítila modro-zelenou barvou, kterou způsobovala silná emise uhlíku. Spektrální analýza zjistila, že hlavním plynem, který se uvolňuje, je metan a ethan, vodík, kyslík a deuterium.

Kometa Halle-Bopp byla pozorována v roce 1997. Oběžná doba se z původních 4 200 let při průchodu komety perihéliem zkrátila na 2 533 let. Velikost jádra je v průměru kolem 60 kilometrů. Jádro se skládá z běžných látek, které se v kometách nacházejí. Při spektrálních analýzách se zjistilo, že je velmi bohatá na deuterium a sodík, který vytvořil i třetí ohon komety. Dále byl detekován také krypton, argon a řada organických látek. Jádro rotuje s periodou 11 hodin a 46 minut.

## 15 Slunce

Centrální hvězda naší soustavy se jmenuje Slunce. Je to nejbližší hvězda k Zemi. Obsahuje 99,86 %<sup>18</sup> hmotnosti celé sluneční soustavy. Jedná se o plazmovou kouli, která vyzařuje elektromagnetické záření od rádiových vln přes viditelné světlo až po gama záření.

Slunce je 330 000krát hmotnější než Země a rovníkový průměr činí 1 392 684 kilometrů. Zploštění je pouhých 10 kilometrů. Země se tedy do průměru Slunce vejde 109krát. Hvězdy nerotují jako pevná tělesa, a tím dochází k rozdílné rotaci v různých šířkách. Nejrychleji rotuje rovník, a to jednou za 25,1 dní a v blízkosti polů Slunce rotují nejpomaleji a to jednou za 34,4 dní.

Chemické složení je rozdílné na povrchu a v nitru hvězdy. Na povrchu je 70 % vodíku, 28 % hélia a 2 % ostatních prvků. V nitru přibývá hélia a ubývá vodíku díky termonukleárním reakcím. V nitru je jen 35 % vodíku, 63 % hélia a 2 % ostatních prvků. Ostatní prvky v obou případech jsou kyslík, uhlík, dusík, křemík, vápník, neon, železo a síra. Složení, kde převažuje velké množství lehkých látek, vede k nízké hustotě, ale

---

<sup>18</sup> Hlavním zdrojem číselných údajů, které naleznete v kapitole Slunce, jsou publikace [177] až [190].

pouze v průměrných hodnotách. Je výrazný rozdíl mezi povrchovou hustotou a hustotou v jádře. Průměrná hustota je  $1\,400\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , na povrchu hustota klesá na  $2\cdot 10^{-4}\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a v jádře naopak vzrůstá na neuvěřitelných  $162\,200\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Ve středu Slunce se nachází jádro, které sahá do vzdálenosti 174 000 kilometrů. V jádře teplota dosahuje až  $15\,700\,000\text{ °C}$  a tlak  $4\cdot 10^{10}\text{ MPa}$ . Díky obrovské teplotě a tlaku zde dochází k termonukleárním reakcím a každou sekundu se zde přemění 4,26 miliónů tun vodíku na hélium, což odpovídá 90 miliardám megatun TNT. Termonukleární reakce probíhají v proton-protonovém a v CNO-cyklu. U Slunce výrazně převažuje proton-protonový cyklus.

Nad jádrem se nachází radiační zóna, která sahá 525 000 kilometrů od středu hvězdy. Teplota v zóně se pohybuje od  $7\,000\,000\text{ °C}$  do  $2\,000\,000\text{ °C}$ . Hustota klesá 7,5krát až 750krát. V této zóně se snaží fotony dostat na povrch Slunce. Jejich volná dráha je pouze ale řádu milimetrů. Neustále narážejí do elektronů a jiných částic, a tím jim předávají energii. V jádře vznikají hlavně fotony o velmi krátkých vlnových délkách, což je gama a rentgenové záření, ale na povrch se fotony dostávají hlavně jako viditelné světlo. Cesta fotonům na povrch Slunce trvá milióny let.

Nad radiační zónou se nachází konvektivní zóna, která má tloušťku asi 200 000 kilometrů. V této oblasti se již fotony nešíří pomocí záření, ale pomocí proudění neboli konvekce. Teplota je již tak nízká, že volná atomová jádra vážou elektrony a vytváří tak elektronový obal, a tím i neutrální atomy. Plyn obohacený neutrálními atomy více pohlcuje fotony a stává se tak pro ně neprůhledný. Tím se stává obtížnější přenos energie zářením a dochází k poklesu teploty. To má za důsledek promíchávání plynu, tedy konvekci. Z níže položených vrstev stoupá díky vztlakové síle horký plyn k povrchu, kde předává energii v podobě záření a ochlazuje se. Ochlazený plyn pak klesá zpět do nižších oblastí, kde se opět ohřívá.

Nad konvektivní zónou se nachází sluneční atmosféra, která má tři vrstvy. Nejbližší k povrchu je fotosféra, jejíž tloušťka je asi 300 kilometrů. Tato vrstva má na své spodní hranici, kde se stýká s konvektivní zónou, teplotu  $5\,730\text{ °C}$  a na své horní hranici  $4\,230\text{ °C}$ , což je minimální teplota naší hvězdy. Ve fotosféře se vyzáří většina slunečního záření, nejvíce je ho ve viditelném světle. Fotosféru pozorujeme jako sluneční kotouč, který se nám jeví jako žlutý a vyzářuje spojité bílé světlo. Ve spodní části fotosféry přestává již hrát hlavní roli vztlaková síla, což se projevuje jako granulace, supergranulace a sluneční skvrny. Granulace úzce souvisí s konvektivní zónou a se

vzestupnými a sestupnými proudy. Jejich vrcholky tvoří granulaci. Granule mají buněčnou strukturu, která má mnohoúhelníkový tvar. Velikost granulí je různá od 200 kilometrů do 1 800 kilometrů. Nejčastější velikost je 700 kilometrů. Mezi granulemi jsou tmavší oblasti, což jsou sestupné proudy, které mají teplotu o 200 °C nižší, než jsou vrcholy vzestupných proudů. Doba života granulí je od 8 do 15 minut. Některé granule končí svoji existenci výbuchem, což se projeví jejich zjasněním a vytvořením prstence, který se rozpadne na jednotlivé části. Zánik většinou trvá 10 minut.

Supergranulace jsou velké granule, které dosahují rozměrů až 30 000 kilometrů. Vyskytují se ve vyšších oblastech od rovníku. Jejich doba životnosti je 1 až 2 dny a jsou velmi špatně viditelné v infračerveném oboru spektra. Ve viditelném světle se supergranulace nedá pozorovat.

Dalším jevem, který je možné pozorovat ve fotosféře, jsou sluneční skvrny. Jsou to místa na povrchu Slunce, která mají výrazně nižší teplotu než jejich okolí. Jejich vznik je spojen s magnetickým polem, které díky svým silovým účinkům zaškrtní vzestupný proud a tím dojde k ochlazení stoupajícího plazmatu. Tloušťka skvrny je řádů tisíců kilometrů. Plazma se sice vrací podél siločar zpět k radiační zóně, ale je mnohem chladnější. Sluneční skvrna se dělí na umbru a penumbru. Umbra má tmavší barvu a její velikost je pouhých 17 % celé skvrny. Teplota umbry je v průměru 4 000 °C a je tedy chladnější o 2 000 °C, což se nám jeví jako tmavší vůči pozadí. Kolem umbry se rozkládá penumbra, která má o něco vyšší teplotu. Penumbra vytvářejí zrna granulace, která mají protáhlý tvar. Životnost těchto zrn je od 40 minut do 3 hodin. Sluneční skvrny mohou být malé, ale i obří. Mají úzkou souvislost se slunečním cyklem. V době slunečního maxima, kdy se zvyšuje sluneční aktivita, se zvyšuje i výskyt slunečních skvrn. V době minima aktivita Slunce klesá a sluneční skvrny se na slunečním kotouči téměř nevyskytují. Sluneční skvrny se zaznamenávají do diagramu, kde každá skvrna cyklu tvoří jeden bod. Nejdříve se začnou skvrny vyskytovat ve vyšších šířkách, kolem 30° na obou polokoulích Slunce, pak se začnou přibližovat k rovníku. Diagram po zakreslení všech skvrn vypadá jako motýl, a proto se také tomuto diagramu říká motýlkový. Sluneční skvrny mají velmi výrazné magnetické pole. Jeho velikost je 300krát větší než okolní magnetické pole Slunce. Sluneční skvrny vznikají většinou v páru. Párové skvrny mají opačnou polaritu magnetického pole. Páry skvrn mají na severní polokouli danou uspořádanou orientaci a na jižní polokouli je tato orientace opačná. Životnost slunečních skvrn se pohybuje od několika hodin až po několik měsíců, a to podle velikosti. Čím je

skvrna větší, tím je její životnost delší. Dalším jevem, který se dá ve fotosféře pozorovat, jsou fákule. Vznikají ve vyšších šířkách kolem 60° a jsou to výrazně jasnější oblasti. Mají úzkou souvislost se slunečními skvrnami a magnetickým polem. Jsou mnohem teplejší, než okolí a proto září bílou barvou. Jejich průměr je 30 000 kilometrů a jejich vrcholky se jmenují spikule, které jsou pozorovatelné ve chromosféře.

Nad fotosférou se nachází chromosféra, která je přesvícená slunečním diskem. Proto je pozorovatelná pouze několik sekund během slunečního zatmění nebo s použitím monochromatického filtru. Tloušťka této části sluneční atmosféry je od 10 000 do 16 000 kilometrů. Má jasně červené zbarvení a její hustota klesá až k  $5 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ve spodní části, kde stýká s fotosférou, má teplotu pouhých 4 230 °C. Na horní hranici s korónou dosahuje teploty milion stupňů Celsia. Přejít mezi chromosférou a korónou není ostrý. Ve chromosféře se vyskytují spikule, což jsou proudy vystupujících plynů oblastí fakulových polí, které se nacházejí ve fotosféře. Plyn se pohybuje podél siločar magnetického pole rychlostí  $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ , a to až do výšky 10 000 kilometrů. Jakmile dosáhne vrcholu, vlákno začne padat na povrch Slunce a vytváří se nová spikule. Celý jev trvá průměrně 15 minut.

Dalším projevem sluneční činnosti jsou erupce. Jedná se o koncentrovaný materiál chromosféry, který je vržen rychlostí  $500 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  až  $1\,200 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  podél magnetických siločar do mezihvězdného prostoru. Erupce vznikají v blízkosti slunečních skvrn a energie z nich uvolněná dosahuje miliard megatun TNT během velmi krátké doby. Erupce sahají do výšky až 200 000 kilometrů a podle intenzity je dělíme do kategorie A, B, C, M nebo X. Nejsilnější erupce jsou označeny písmenem X. Při erupcích se uvolňuje velké množství vysoce energetických částic, které jsou díky magnetickému poli odváděny po siločarách do oblasti magnetických pólů, kde díky interakci s molekulami v horních vrstvách atmosféry, vznikají polární záře.

Protuberance jsou husté chladné mraky vyvržené z povrchu Slunce. Protuberance dosahují až 50 000 kilometrů nad povrch hvězdy a mají dlouhou životnost. Rychlost proudění plazmatu je od  $1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  do  $5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Magnetické indukční čáry drží plazma nad povrchem, dokud nedojde k rekonexi (přepojení) indukčních čar. Při změně magnetického pole se uvolní obrovské množství energie.

Koróna je poslední vrstvou sluneční atmosféry, která je pozorovatelná pouze při úplném zatmění Slunce nebo pomocí korónografu. Hustota se vzdáleností velmi rychle klesá.



Teplota dosahuje až 2 000 000 °C. Během slunečního cyklu se tvar, velikost a intenzita koróny mění. V době minima není příliš rozsáhlá a nejsou patrné detaily ve struktuře.

Koronární výtrysky hmoty (CME) jsou velké plazmové koule, které mají hmotnost až miliardy tun. Tento materiál je opět držen magnetickým polem. Jakmile dojde k rekonexi indukčních čar celý plazmový balík je vržen do prostoru, a to rychlostí od  $20 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  do  $3\,200 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Plazma, které bylo stlačeno, se rozepne do rozměrů několika desítek miliónů kilometrů. Plazmový mrak je rychlejší než sluneční vítr a vytváří tak rázovou vlnu, která může zvýšit energii částic až do oblasti ultrafialové. Koronární výtrysky hmoty souvisí se slunečním cyklem. V době minima se vyskytují tak jednou týdně a v době maxima dvakrát až třikrát za den. Koronární výtrysky hmoty jsou mnohem nebezpečnější než erupce. Do blízkosti Země se výtrysk dostane za jeden až tři dny. Dojde pak ke stlačení magnetosféry, čímž se dostanou satelity mimo její ochranu. Na noční straně dochází k rekonexi siločar a do atmosféry se dostává obrovské množství energie, což může způsobit přetížení energetických sítí, vyhoření transformátorů a znemožnit rádiovou komunikaci.

Sluneční vítr je stálý proud nabitých částí, hlavně protonů a elektronů, které neustále vanou od Slunce rychlostí  $400 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Zdrojem slunečního větru je žhavá koróna.

Hlavním činitelem, který může za většinu projevů na Slunci, je magnetické pole. Uvnitř Slunce funguje magnetické dynamo, které vytváří magnetické pole. Nejnovější teorie počítají s tím, že jádro a radiační zóna funguje a rotuje jako pevné těleso vůči pohyblivé konvektivní zóně. Tření, které mezi oběma vrstvami vyvolává velmi silný elektrický proud a tím i magnetické pole. Díky rotaci se magnetické indukční čáry navíjejí kolem slunečního kotouče a způsobují vznik slunečních erupcí a protuberancí. Různé zkroucení magnetických indukčních čar, a tím i zaškrcení konvektivních proudů, zase způsobuje vznik slunečních skvrn. Magnetické pole Slunce je s vysokou pravděpodobností skryto pod povrchem hvězdy a jeho indukční čáry jsou kolmé k povrchu. Magnetické indukční čáry vytváří smyčky, které stoupají nad povrch a podél nich se pohybuje plazma. Magnetické pole a jeho polarita souvisí se slunečním cyklem. Při změně cyklu dochází ke změně polarity pole.

Sluneční cyklus souvisí jak s magnetickým polem, tak se zvýšenou sluneční aktivitou. Přibližně každých 11 let dojde ke změně polarity magnetického pole Slunce. Během tohoto období nastane sluneční minimum a maximum. Délka celého slunečního cyklu je

22 let. Během maxima se zvyšuje sluneční aktivita a zároveň se zvyšuje počet slunečních skvrn, které se posouvají směrem k rovníku.

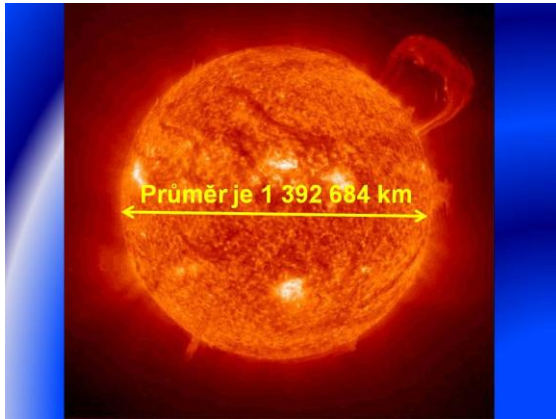

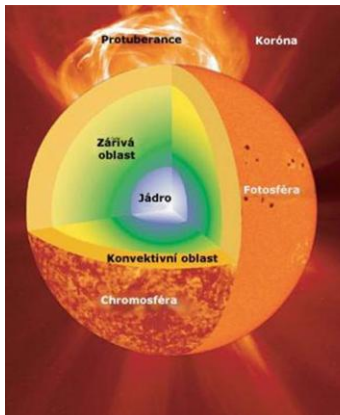
Cyklus nebývá příliš pravidelný, z historie známe dosti dlouhá období, kdy se Slunce nacházelo v minimu sluneční aktivity i desítky let. Je to např. Maunderovo minimum, které nastalo mezi lety 1645 až 1715. Další je Spörerovo minimum mezi lety 1460 až 1540. Tato minima máme potvrzena jak z historických záznamů, tak z množství radioaktivního uhlíku. Platí, že čím vyšší je aktivita Slunce, tím menší je množství radioaktivního uhlíku.

Slunce se vůči planetám a jiným tělesům ve sluneční soustavě téměř nepohybuje, ale vykonává pohyb vzhledem k okolním hvězdám v rámci Galaxie. Slunce a celá soustava obíhá kolem galaktického jádra ve vzdálenosti 25 000 až 28 000 světelných let jednou za 225 až 250 milionů let.

Zatmění Slunce je jev, který je pozorovatelný ze zemského povrchu díky vhodné vzdálenosti Slunce a Měsíce. Další roli zde hraje velikost měsíčního kotouče, který je shodný s velikostí slunečního kotouče na nebeské sféře. Pokud se Měsíc během svého oběhu dostane mezi Slunce a Zemi a začne vrhat stín na zemský povrch, pak z této oblasti je pozorovatelné zatmění Slunce. Pokud by byla trajektorie Měsíce v rovině ekliptiky, zatmění by nastalo vždy, když by Měsíc vstoupil do fáze novu. Protože je oběžná dráha skloněna, nastává zatmění pouze tehdy, pokud se Měsíc nachází poblíž výstupného nebo sestupného uzlu. Jsou to místa, kde se pomyslně kříží trajektorie Měsíce s ekliptikou. Měsíc na zemský povrch vrhá plný stín a polostín. Plnému stínu na zemském povrchu se říká pás totality. Šířka pásu totality není příliš velká maximálně 270 kilometrů. Kolem pásu totality vzniká oblast polostínu, kde je možné pozorovat částečné zatmění. Což znamená, že Měsíc zakryje jen část slunečního kotouče. Čím blíže je pozorovatel k pásu totality, tím větší část Slunce vidí zakrytou. Také může nastat situace, kdy pás totality je úplně mimo zemský povrch a je pozorovatelné jen částečné zatmění. Posledním typem zatmění je prstencové, které nastává při stejných podmínkách jako při úplném zatmění, ale Měsíc je od Země ve větší vzdálenosti, takže jeho kotouč je menší a není schopen zakrýt celý sluneční kotouč. Kolem Měsíce je viditelný prstenec Slunce. V jednom roce může nastat maximálně pět a minimálně dvě sluneční zatmění. Pět zatmění zažijí naši potomci v roce 2206. Délka zatmění je různá, záleží na vzdálenosti Země a Měsíce, a tím i na rychlosti oběhu. Maximální délka prstencového

zatmění byla 12 minut a 30 sekund a úplného jen 7 minut a 31 sekund. V průměru je to jen 3 až 5 minut. V České republice bude úplné zatmění pozorovatelné až 7. října 2135.

## Prezentace: Slunce

<h1>Slunce</h1>	
<ul style="list-style-type: none"><li>↗ Slunce obsahuje 99,86 % sluneční soustavy</li><li>↗ Vzdálenost od Země – 1 au</li><li>↗ Hmotnost – 330 000krát hmotnější než Země</li><li>↗ Průměr – 1 392 684 km – 109krát větší než Země</li><li>↗ Rotace rovníku – 25,1 dní</li><li>↗ Rotace pólů – 34,4 dní</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>↗ Chemické složení povrchu – vodík – 70%, hélium – 28 %, ostatní prvky – 2 %</li><li>↗ Chemické složení v nitru – vodík - 35%, hélium – 63 %, ostatní prvky – 2 %</li><li>↗ Ostatní prvky - kyslík, uhlík, dusík, křemík, vápník, neon, železo a síra</li><li>↗ Průměrná hustota – 1400 kg/m<sup>3</sup></li></ul>	 <h3>Stavba Slunce</h3>

- ↗ Jádru – velikost 174 000 km
- ↗ Teplota – 15 700 000 °C
- ↗ Tlak v nitru –  $4 \cdot 10^{10}$  MPa
- ↗ Hustota – 162 200 kg/m<sup>3</sup>
- ↗ Termonukleární reakce – přeměna vodíku na hélium
- ↗ Každou sekundu se sloučí 4,26 mil.tun vodíku na hélium, což odpovídá výbuchu 90 miliard megatun TNT

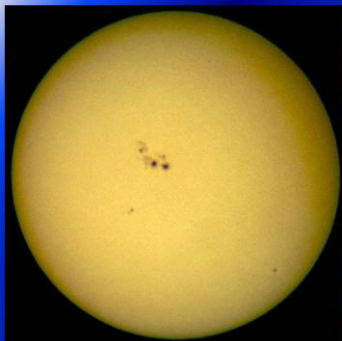
## Termonukleární reakce

- ↗ Při vysokých teplotách a tlacích dochází ke slučování lehčích jader a vzniku těžších jader
- ↗ Tři cykly – proton – protonový I a II – CNO cyklus
- ↗ Většinou mix cyklů
- ↗ Proton – protonový – převažuje u chladnější hvězdy
- ↗ CNO – převažuje u žhavějších hvězd

- ↗ Zářivá oblast (radiční oblast) – do vzdálenosti 525 000 km
- ↗ Teplota – od 7 000 000 °C do 2 000 000 °C
- ↗ Hustota – klesá 7,5krát až 750krát
- ↗ Přenos fotonů pomocí radiace – fotony velmi často narážejí do ostatních částic – ztráta energie
- ↗ Cesta k povrchu trvá statisíce let

- ↗ Konvektivní zóna – mohutnost kolem 200 000 km
- ↗ Nízká teplota – vázání elektronů a vznik neutrálních atomů
- ↗ Konvekce
- ↗ Proudby plazmatu stoupají vzhůru, kde předávají energii zářením – plazma chladne a klesá dolů

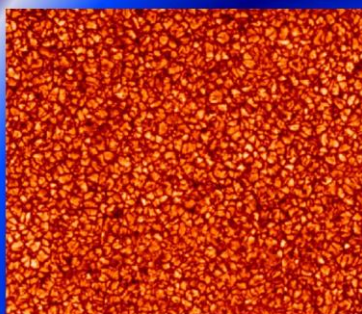
## Atmosféra



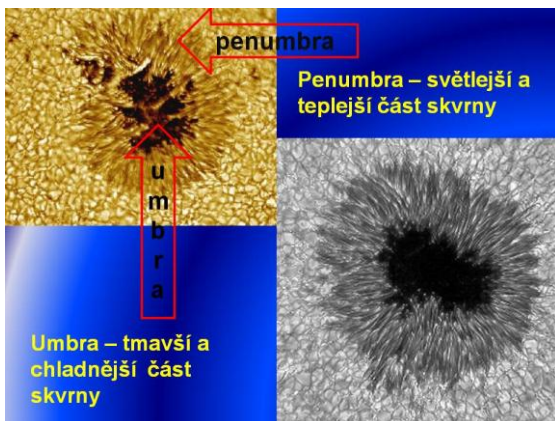
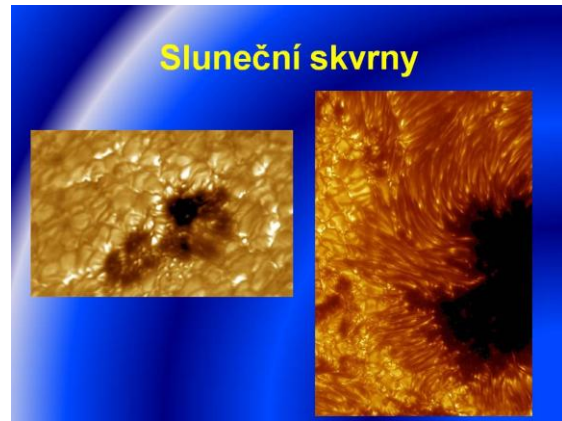
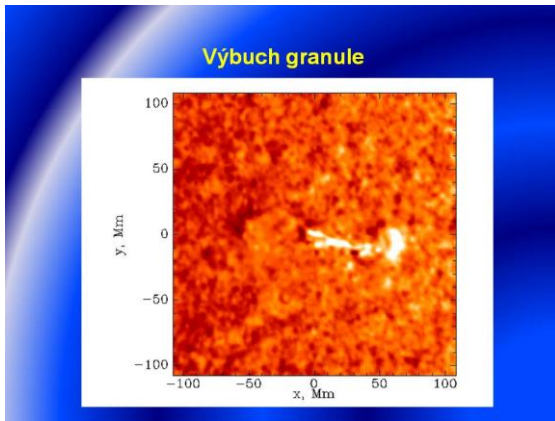
## Fotosféra

- ↗ Vrstva atmosféra nad konvektivní zónou
- ↗ Tloušťka – 300 km
- ↗ Teplota – od 5 730 °C do 4 230 °C
- ↗ Žluté zbarvení – pozorovatelná
- ↗ Vyzařuje hlavně viditelné světlo
- ↗ Granule, supergranule, sluneční skvrny

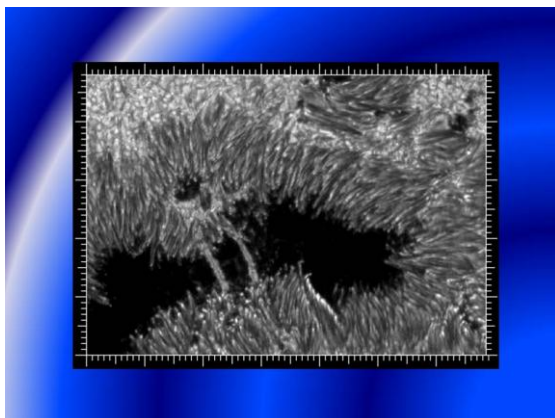
## Granule



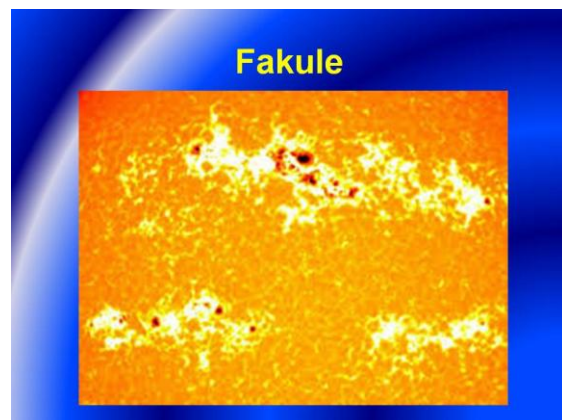
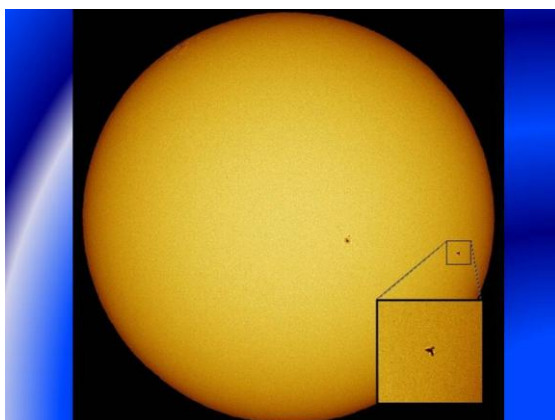
- ↗ Granule – vrcholky vzestupných proudů
- ↗ Buněčná struktura – velikost – od 200 do 1800 km
- ↗ Mezi – tmavší a chladnější plazma
- ↗ Životnost – 8 až 15 minut
- ↗ Supergranule – velikost 30 000 km
- ↗ Dále od rovníku
- ↗ Životnost - 1 až 2 dny



- ♦ Různá velikost a tvar
- ♦ Vznik – magnetické pole – zaškrcení konvektivních proudů
- ♦ Tloušťka – tisíce kilometrů
- ♦ Umbra – 17 % skvrny – 4 000 °C
- ♦ Penumbra – zrna granule protáhlý tvar – životnost těchto granulí od 40 minut po 3 hodiny
- ♦ Souvislost se slunečním cyklem
- ♦ V maximu – počet skvrn roste
- ♦ V minimu – málo skvrn nebo žádné

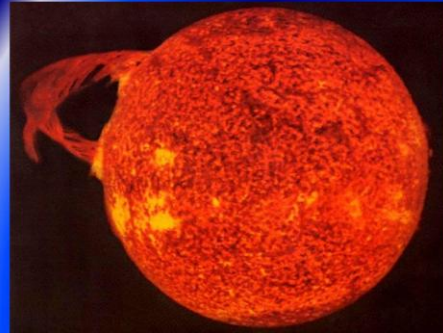


- ♦ Vznik ve vyšších výškách, pak kolem rovníku – motýlkový digram
  - ♦ Silné magnetické pole
  - ♦ Vytváří páry
  - ♦ Životnost – od několika hodin po několik měsíců
- 

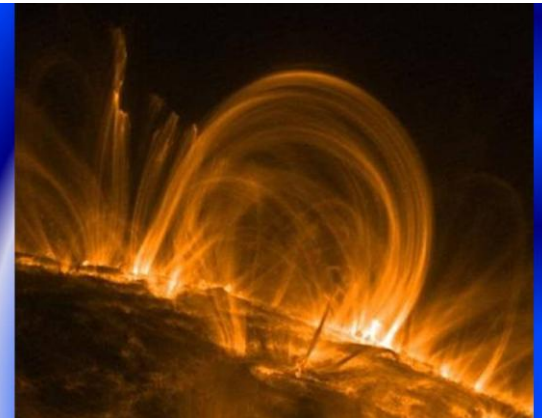


- ↗ Bílé oblasti ve fotosféře
- ↗ Vyšší teplota než okolí
- ↗ Ve vyšších šířkách
- ↗ Souvislost s magnetickým pole a slunečními skvrnami
- ↗ Velikost – 30 000 km
- ↗ Vrcholky fakulí se nazývají spikule, které jsou pozorovatelné ve chromosféře

## Chromosféra



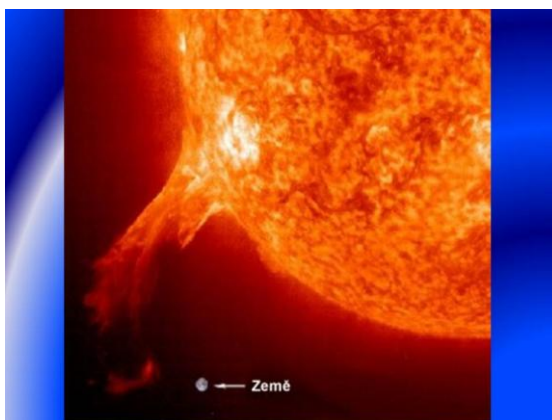
- ↗ Červené zbarvení – pozorovatelná pouze pomocí monochromatického filtru
- ↗ Mocnost – od 10 000 km do 16 000 km
- ↗ Teplota: 4 230 °C – 1 000 000 °C
- ↗ Spikule – pohyb plazmy podél magnetických siločar
- ↗ Rychlost – 20 km/s
- ↗ Výška – 10 000 km
- ↗ Průběžný vznik

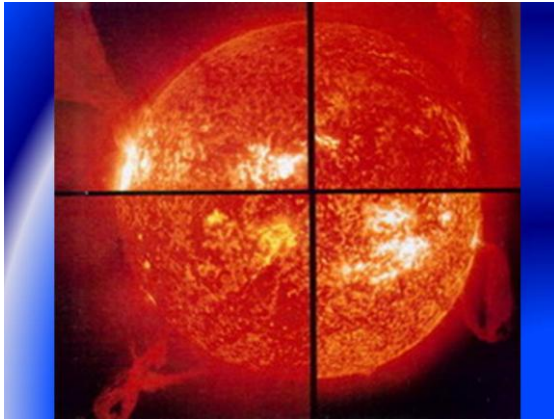


## Erupce



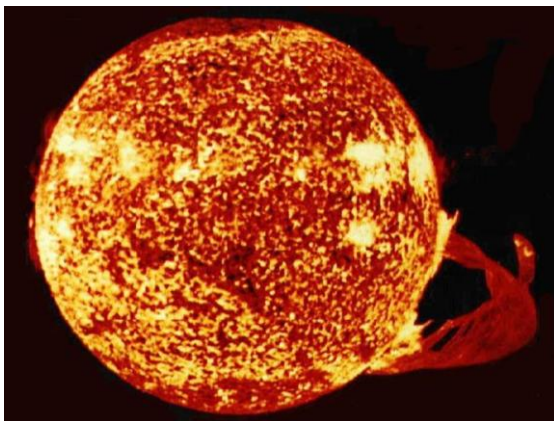
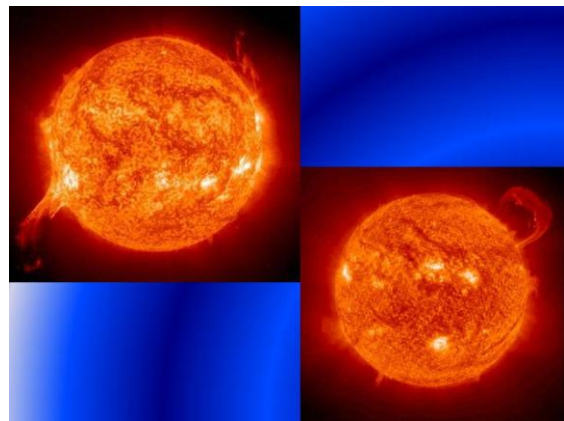
- ↗ Materiál z chromosféry
- ↗ Výron hmoty podél magnetických siločar do prostorů
- ↗ Rychlost – 500 až 1 200 km/s
- ↗ Výška – 200 000 km
- ↗ Uvolněná energie – miliardy megatun TNT v krátké době
- ↗ Kategorie – A, B, C, M a X
- ↗ Sledování – magnetosféra Země – magnetické bouře – polární záře





## Protuberance

- ✦ Husté chladné mraky vyvržené z povrchu
- ✦ Výška – 50 000 km
- ✦ Rychlost – od 1 km/s do 5 km/s
- ✦ Dlouhá životnost – plazma držena magnetickým polem
- ✦ Rekonexe – uvolnění energie

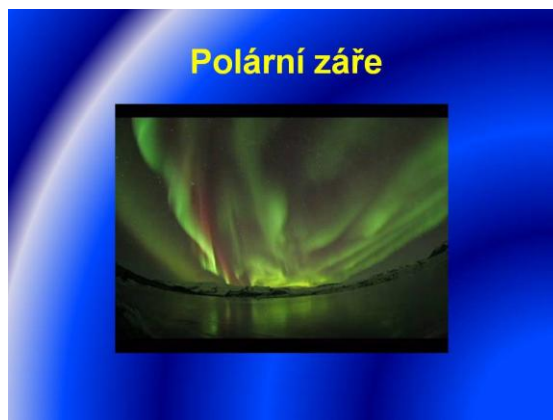
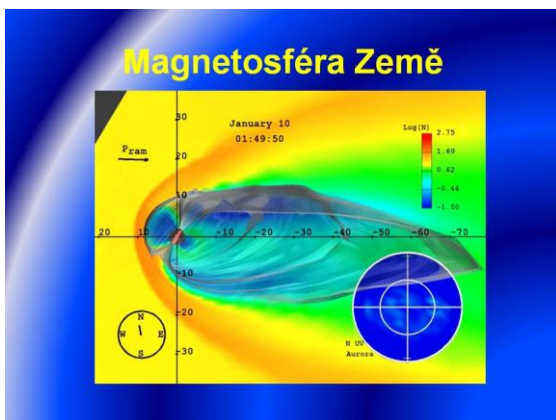
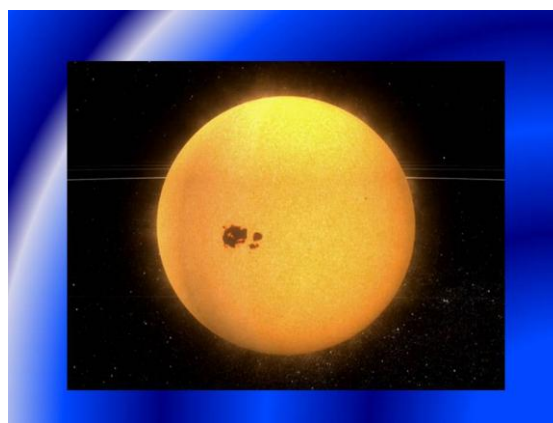
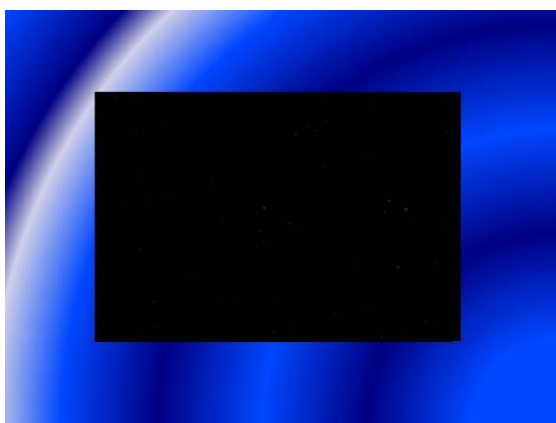
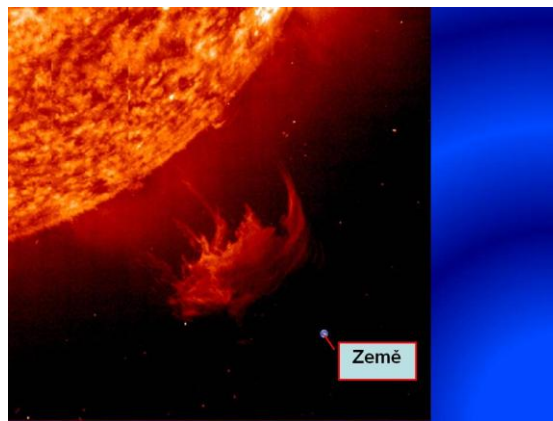
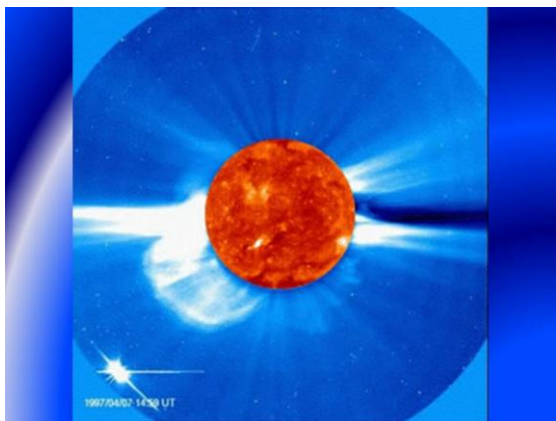


## CME



- ✦ Velké plazmové koule o hmotnosti miliard tun držené magnetickým polem
- ✦ Rekonexe – vržení hmoty do prostoru
- ✦ Rychlost – od 20 km/s do 3 200 km/s
- ✦ Souvislost se slunečním cyklem
- ✦ Sluneční maximum – 2x až 3x denně
- ✦ Sluneční minimum – 1x týdně
- ✦ Sledování – ohrožení sond, astronautů, rozvodných elektrických sítí, rádiového přenosu
- ✦ Polární záře

Credit: SOHO - EIT Consortium, ESA, NASA, Apod



- ### Koróna
- ↗ Poslední vrstva atmosféry
  - ↗ Teplota – 2 000 000 °C
  - ↗ Vzdálenost – 13 000 000 km
  - ↗ Mění tvar, velikost a strukturu podle slunečního cyklu
  - ↗ Maximum – rozsáhlejší a více členitá
  - ↗ Pozorovatelná při úplném zatmění Slunce nebo koronografem

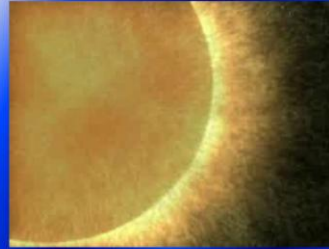




### Ve slunečním minimu



### Sluneční vítr



- ↗ Sluneční vítr – stálý proud nabitých částic ze slunce
- ↗ Rychlost proudění – 400 km/s
- ↗ Magnetické pole – jádro a radiční zóna rotuje jako pevné těleso – vznik elektrické proudu – vznik magnetického pole
- ↗ Magnetické siločáry – pod povrchem a vystupují nad něj
- ↗ Ovlivňuje děje na Slunci a jeho aktivitu

### Sluneční cyklus

- ↗ Cyklus souvisí s magnetickým polem
- ↗ Přepólování - jednou za 11 let
- ↗ Sluneční cyklus – 22 let
- ↗ Během maxima – velké množství slunečních skvrn, více erupcí, protuberancí a CME

- ↗ Nepravidelný cyklus
- ↗ Velké nepravidelnosti
- ↗ Maunderovo minimum – 1645 až 1715 – malá doba ledová – bruslení na Siene v Paříži
- ↗ Spörerovo minimum – 1460 až 1540
- ↗ Velké množství radioaktivního uhlíku
- ↗ Oběh Slunce kolem galaktického středu – 225 až 250 miliónů let

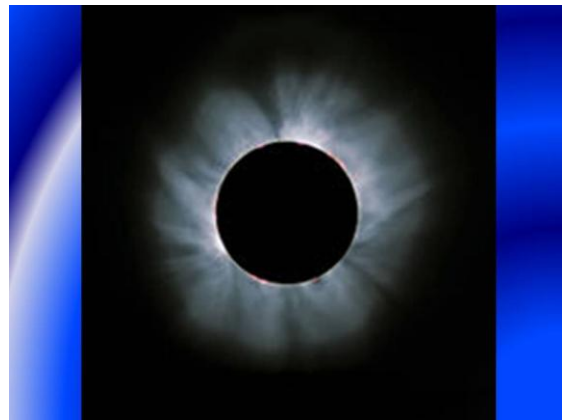
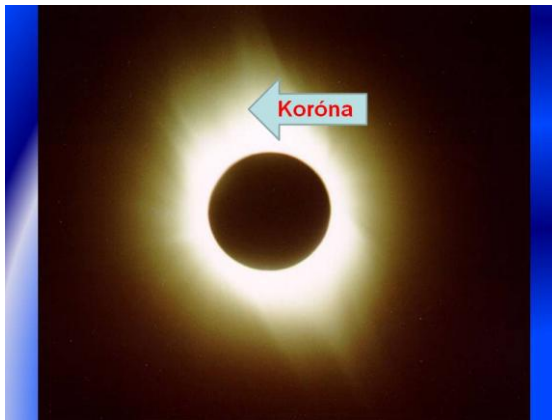
### Zatmění Slunce



- ↗ Zatmění – Slunce, Měsíc a Země na jedné přímce
- ↗ Měsíc – v novu
- ↗ Blízko sestupové a výstupového uzlu
- ↗ Pás totality – pás široký maximálně 270 km
- ↗ Délka - pár minut – maximálně 7 min. 31s
- ↗ Typy zatmění – úplné zatmění – částečné zatmění – prstencové zatmění
- ↗ Úplné zatmění – pozorovatelné z pásu totality – celý kotouč zakrytý – viditelné Bailyho perly a koróna



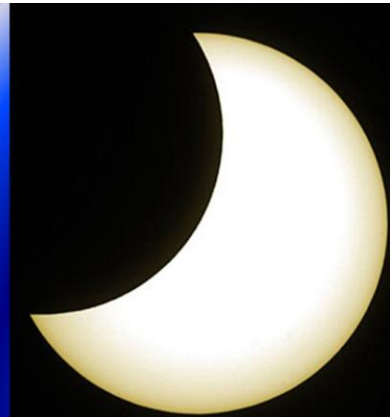
- † Částečné zatmění – pás totality mimo Země nebo v oblasti polostínu – jen část slunečního kotouče zakryta
- † Čím blíže k pásu totality, tím větší část kotouče zakryta
- † Prstencové zatmění – Měsíc ve větší vzdálenosti od Země – menší kotouč – prstenec kolem Měsíce
- † Maximálně – pět zatmění za rok (2206)
- † Minimálně – dvě za rok
- † Úplné zatmění v ČR – 7. 10. 2135



### Pás totality a polostín na Zemi



### Částečné zatmění



### Prstencové zatmění



#### Zdroje obrázků

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_prominence\\_on\\_the\\_sun\\_erupted.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_prominence_on_the_sun_erupted.jpg)
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Solar\\_eclipse\\_1999\\_4\\_NR.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Solar_eclipse_1999_4_NR.jpg)
- <http://www.planety.astro.cz/mesic/1342-zatmeni-slunce>
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Zatm%C4%9Bn%C3%AD\\_Slunce](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zatm%C4%9Bn%C3%AD_Slunce)
- <http://in.nova.cz/vykladac/ztra-zmiz-cast-slunce-zatmeni-najlepe-uvidite-na-lhu-moravy.htm>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_eclipse](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_eclipse)
- <http://www.astro.cz/astro/soustava/slunce.html>
- <http://www.astro.cz/web/201.cz/planety/slunce.html>
- <http://www.koblen.cz/astro/astro/slunce.htm>
- [http://www.kjva.mff.cuni.cz/~misa/astro/astro/soho/2001\\_pro/2001\\_pro.html](http://www.kjva.mff.cuni.cz/~misa/astro/astro/soho/2001_pro/2001_pro.html)
- <http://www.kjva.cz/apod/ap000807.html>
- [http://www.kjva.cz/slunce/slunce-magnetick%C3%A9-poly-podpovrch-d69-2004-08-150927\\_151130\\_veda.mfx](http://www.kjva.cz/slunce/slunce-magnetick%C3%A9-poly-podpovrch-d69-2004-08-150927_151130_veda.mfx)
- <http://www.novinky.cz/ekonomika/209504-rychly-dobyt-halim-cz-obtumele-ho-nelze.html>
- <http://www.hyzdamaplen.cz/2010/11/10/mesic-slunce-chromosfera/>
- <http://www.astro.cz/prace/clanky/fenomeny/431.html>
- <http://www.hyzdamaplen.cz/2013/07/24/mesic-slunce-fakule-fakulova-pole/>
- <http://www.astro.cz/apod/ap051106.html>
- <http://www.astro.cz/apod/ap110918.html>
- <http://www.astro.cz/apod/ap000223.html>
- <http://mladec.astro.cz/7p-99>
- [http://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce%C4%9Bn%C3%AD\\_slvma](http://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce%C4%9Bn%C3%AD_slvma)

## 16 Ověření účinnosti prezentací

Cílem diplomové práce je ověřit účinnost prezentací ve výuce na gymnáziu. „Astronomie na gymnázium Blovice, kde učím, je podle ŠVP“ [příloha číslo 2 na CD] zařazena do kvarty a také jako rozšiřující učivo v seminářích matematika a fyzika. Semináře jsou pro studenty třetího a čtvrtého ročníku čtyřletého studia nebo pro studenty septimy a oktávy osmiletého studia víceletého gymnázia. Tyto semináře jsou určeny nejen pro studenty, kteří chtějí maturovat z matematiky nebo fyziky, ale také pro studenty, kteří chtějí oba obory dále studovat nebo o ně mají zájem.

Studenty jsem rozdělila do dvou skupin, a to podle délky studia na gymnáziu. První skupinu tvoří studenti víceletého gymnázia a druhou skupinu studenti čtyřletého gymnázia. Studenti čtyřletého studia nastupují na gymnázium ze základních škol, které mají různou úroveň a možnosti využívat prezentací ve vzdělávacím procesu. Někteří studenti se s PowerPointovými prezentacemi setkali až po nástupu na gymnázium. Jiní se s nimi setkávali jen velmi málo.

Studenti víceletého gymnázia se s PowerPointovými prezentacemi setkávají ve vzdělávacím procesu často, a to nejen ve fyzice, ale i v jiných předmětech.

Dalším kritériem dělení byla úspěšnost skupiny ve vzdělávacím procesu. Studenti čtyřletého studia nemají tak vysokou úspěšnost ve vzdělávacím procesu jako studenti víceletého gymnázia. To se projevuje nejen horším prospěchem v průběhu studia, ale i během maturity. Studenti čtyřletého gymnázia mají nižší procentuální úspěšnost i celkový percentil. S tímto faktem se jistě setkávají i další kolegové na gymnáziích, kteří mohou srovnat studenty víceletých ročníků se studenty čtyřletého studia. Tento trend potvrzují i moje dvě skupiny. Studenti víceletého studia mají celkově lepší výsledky ve vzdělávacím procesu než studenti čtyřletého studia, a to nejen ve fyzice, ale i v dalších předmětech.

Testování probíhalo během dvou let na semináři matematika a fyzika. První skupinu tvoří studenti víceletého gymnázia, kterých je celkem 20, a druhou skupinu tvoří studenti čtyřletého studia, kterých je celkem 14. V průběhu testování se nezúčastnili vždy všichni studenti z důvodů nepřítomnosti na vyučovací hodině, díky nemoci, účasti na olympiádách a soutěžích nebo exkurzích.

Testování probíhalo vždy během vyučovacích hodin v semináři. Jedna skupina si dané téma, např. Merkur, vyslechla klasickou frontální výukou bez použití prezentace. Během

výkladu si studenti nemuseli zapisovat poznámky, což pro mě bylo výhodou. Mohli se tím lépe soustředit na výklad. Studenti měli možnost během výkladu vznést jakýkoliv dotaz na dané téma, čehož využívala hlavně skupina studentů víceletého gymnázia. Stejně téma bylo probíráno stejný den i s druhou skupinou studentů, ale za pomoci prezentace. Další hodinu se skupiny prohodily. Skupina, která měla ve vyučovací hodině použitou prezentaci, vyslechla další téma frontální výukou. Skupina, která měla frontální výuku bez prezentace, měla téma vyučováno s prezentací. Studenti si opět nemuseli nic zapisovat a mohli se tím lépe soustředit. Stejně jako v první skupině měli studenti během výkladu možnost vznést jakýkoliv dotaz. U skupiny studentů ze čtyřletého studia tuto možnost využívali jen výjimečně. Po skončení výkladu jak frontální výukou bez prezentace, tak s pomocí prezentace dostali studenti prázdný papír, na který měli napsat vše, co si z výkladu pamatují. Pokud si pamatují i nějaké zajímavosti nebo souvislosti, měli za úkol je také napsat. Tak jako každému pedagogovi i mně je jasné, že v každé skupině existují studenti, kteří k danému úkolu přistoupí s velkou zodpovědností, ale také se najdou jedinci, kteří odevzdají prázdný papír nebo papír s minimem informací.

Při vyhodnocování byl celý obsah učiva rozdělen podle obsahu učiva, významnosti a rozsahu učiva. Proto různá témata mají jiné množství zkoumaných informací. Jsou nebeská tělesa, o kterých existuje velké množství informací, zatím co u jiných nebeských těles mám pouze omezené množství informací. Z tohoto důvodu je maximální počet možných získaných bodů u různých těles různý. U stejné informace je ponechán stejný počet bodů u všech zkoumaných těles.

## 17 Vyhodnocení účinnosti u planety Merkur

První skupina jsou studenti víceletého gymnázia a tato skupina má 20 členů. Během výkladu se hodiny zúčastnilo 16 studentů. Výklad se týkal planety Merkur a probíhal u této skupiny frontální výukou bez použití prezentace. Během výkladu nastalo i několik situací, kdy probíhal bouřlivý dialog na dané téma, týkající se hlavně povrchu planety a její charakteristiky. Okamžitě po skončení výkladu měli studenti 15 minut na sepsání všech znalostí, ale i souvislostí, které si z výkladu pamatují.

Odevzdané práce jsem vyhodnotila v osmi oblastech znalostí.

První jsem pojmenovala *CHARAKTERISTIKA*. Do oblasti *CHARAKTERISTIKA* jsem zařadila pozici planety ve sluneční soustavě, zajímavosti o trajektorii, rotaci planety,

oběh planety kolem Slunce a její velikost nebo srovnání velikosti planety se Zemí. V této oblasti mohli studenti získat maximálně dva body. Pokud udali alespoň čtyři údaje, získali maximum bodů. Pokud jen dva až tři údaje, získali jeden bod. Menší množství údajů bylo hodnoceno nula body.

Druhou oblastí bylo *SLOŽENÍ PLANETY*. Zde jsem zařadila jádro, plášť a kůru planety a jejich složení. Celkem mohli studenti získat tři body. Za jádro jeden, za plášť druhý a třetí za kůru.

Třetí oblast se vztahovala k plynnému obalu planety, proto jsem ji nazvala *ATMOSFÉRA*. Za údaj, že studenti vědí, že Merkur má velmi řídkou až téměř žádnou atmosféru jim byl přidělen jeden bod. Pokud získali znalost o složení této řídké atmosféry, získali druhý bod. Maximum bodů v této oblasti jsou dva body.

Čtvrtá oblast se nazývá *MAGNETICKÉ POLE*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud uvedli, že Merkur má slabé magnetické pole.

*POVRCH PLANETY* je pátou oblastí znalostí. Zde jsem hodnotila znalost povrchových útvarů, které se na Merkuru vyskytují. Studenti v této oblasti mohli získat maximálně tři body. Jeden bod za jakýkoliv útvar na povrchu Merkuru. Dva body za více útvarů a třetí bod, pokud měli znalost o pánvi Caloris, která je největším útvarem na povrchu planety.

Šestou oblast znalostí jsem nazvala *SATELIT*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud věděli, že Merkur nemá žádný přirozený satelit.

*POZOROVÁNÍ* je sedmou oblastí, kde se hodnotilo, zda studenti mají znalosti ohledně pozorování planety na nebeské sféře a jaké mohou nastat komplikace s jejím vyhledáním. Poslední oblast jsem nazvala *SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI*, kde studenti mohli získat maximálně čtyři body. Zároveň je to největší počet bodů ze všech oblastí, protože se jedná o nejobtížnější oblast vědomostí. V této oblasti jsem dávala jeden bod za jakoukoliv další znalost, ať se týkala povrchové teploty a důvodu velkých teplotních rozdílů. Jiná znalost, za kterou mohli studenti získat bod, je vysvětlení výskytu ledu a jeho uchování na povrchu Merkuru, nebo vysvětlení vzniku magnetického pole a atmosféry.

Tabulka č. 1 udává počet bodů získaných v jednotlivých oblastech znalostí u studentů. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 1: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 1 – frontální výuka															Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$	
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	10	
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	1	1	2	1	0	2	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	12
<i>ATMOSFÉRA</i>	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	2	1	9
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	9
<i>POVRCH PLANETY</i>	0	0	1	0	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0	3	1	20
<i>SATELIT</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	7
<i>POZOROVÁNÍ</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	0	0	2	0	1	1	3	1	0	0	1	1	1	0	3	1	15
<b>Součet bodů u studentů</b>	1	4	10	3	5	7	14	7	2	3	5	5	3	0	13	3	

Tabulka č. 2 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech.

Tabulka č. 2: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	10	32	31	69	3,7	8,1
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	12	48	25	75	4,4	13,2
<i>ATMOSFÉRA</i>	9	32	28	72	3,3	8,5
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	9	16	56	44	3,3	2,6
<i>POVRCH PLANETY</i>	20	48	42	58	7,4	10,3
<i>SATELIT</i>	7	16	44	56	2,6	3,3
<i>POZOROVÁNÍ</i>	3	16	19	81	1,1	4,8
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	15	64	23	77	5,5	18,0
$\sum_1^z x_i$	85		$\sum_1^z Z_{c_i}$	31,3		
$N = \sum_1^z X_{max}$	272		$\sum_1^z N_{c_i}$	68,8		

První sloupec tabulky č. 2 je přepsaný poslední sloupec tabulky č. 1, jsou to tedy součty bodů, které studenti získali v jednotlivých oblastech. Počet zkoumaných oblastí jsem označila  $z$ . Druhý sloupec jsem získala vynásobením maximálního počtu bodů v dané

oblasti a počtu studentů, kteří se testování zúčastnili. Pokud si označím  $x_{max}$  jako maximální počet bodů, které je možné získat v dané oblasti, a  $n$  udává počet testovaných studentů, pak  $X_{max}$  je maximální počet bodů, které je možné získat od všech testovaných studentů. Vypočítá se podle vztahu  $X_{max} = x_{max} \cdot n$ .

Třetí a čtvrtý sloupec je procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech. Pokud si množství získaných znalostí v procentech označím  $p_{z_i}$  a množství nezískaných znalostí  $p_{n_i}$ , pak výpočet je velmi jednoduchý.

$$p_{z_i} = \frac{x_i \cdot 100}{X_{max}}$$

$$p_{n_i} = 100 - p_{z_i}.$$

Pátý a šestý sloupec tabulky vyjadřuje získané a nezískané znalosti z celkového množství znalostí vyjádřených v procentech. Pokud si označím  $Z_{c_i}$  množství získaných znalostí z celkového množství a  $N_{c_i}$  množství nezískaných znalostí z celkového množství a  $N$  celkové množství bodů, pak výpočet je opět velmi jednoduchý.

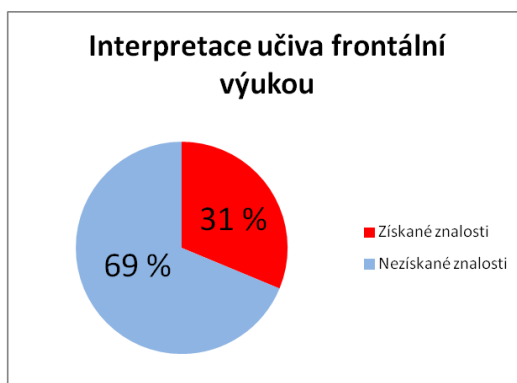
$$Z_{c_i} = \frac{x_i \cdot 100}{N}$$

$$N_{c_i} = \frac{(X_{max} - x_i) \cdot 100}{N}.$$

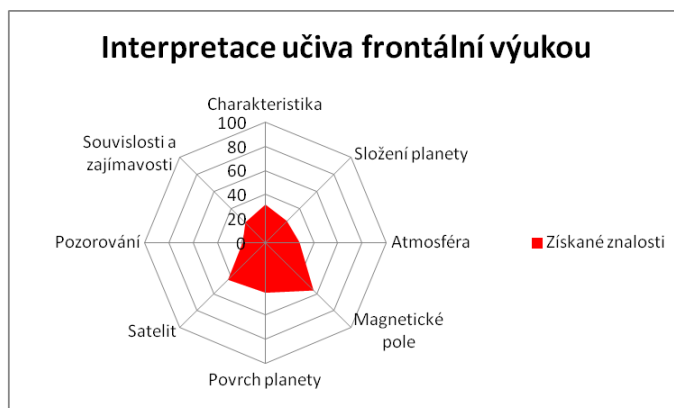
V oblasti týkající se magnetického pole byla 56% úspěšnost získání znalosti. V oblasti satelitu byla úspěšnost 44 %. V případě magnetického pole a satelitu se jedná o znalosti, které jistě většina studentů během studia na gymnáziu slyšela vícekrát, takže se jedná o již dříve získané informace pro řadu z nich. Poté následuje povrch planety ze 42% úspěšností a charakteristika, kde úspěšnost osvojení si těchto znalostí klesá již na 31 %. V případě povrchu planety věřím, že to jsou informace pro studenty velmi zajímavé. Dovedou si představit, jak vypadají jednotlivé útvary na povrchu Merkuru, aniž by přímo viděli obrázek. Také je velmi pravděpodobné, že někteří ze studentů již obrázky týkající se povrchu Merkuru viděli. Po charakteristice následuje atmosféra, kde studenti si osvojili pouze 28 % znalostí, a složení planety, kde množství získaných znalostí klesá na čtvrtinu. Na předposledním místě jsou souvislosti a zajímavosti s 23% množstvím osvojených znalostí, což se dalo očekávat. Pro studenty je snadnější zapamatovat si

jednotlivé údaje, než si zapamatovat souvislosti. Proč daný jev nastává, jakým způsobem vzniká. Poslední ze zkoumaných znalostí bylo pozorování planety. Při výkladu byla tato oblast umístěna až na konci. Je možné, že studenti již byli unaveni, a proto nedošlo v takové míře osvojení znalostí. Osvojení znalostí dosáhlo pouze 19 %.

Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při frontální výuce bez použití prezentace při výkladu planety Merkur. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 31 % a nezískané znalosti tvoří 69 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.

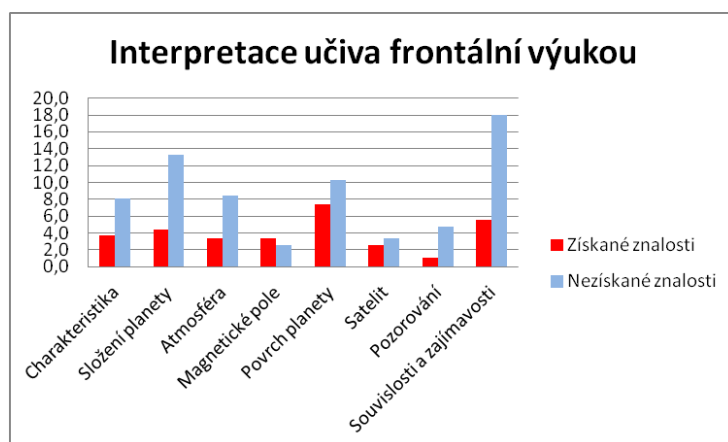


Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Pouze v jednom případě převažuje množství získaných znalostí v dané oblasti nad množstvím nezískaných znalostí a to je téma magnetického pole planety Merkur. V ostatních oblastech spíše převažuje hluboká neznalost.

Z grafu můžeme také usuzovat, které oblasti znalostí jsou pro studenty buď nejzajímavější, nebo nejsnáze zapamatovatelné. Pokud v dané oblasti studenti získali nejvíce procent z celku, je jim jistě tato oblast znalostí bližší než oblast, kde množství



znalostí má minimální procentuální zastoupení. Není ale také vyloučeno, že nejzajímavější oblast je pro studenty nejnáročnější, jak je tomu např. v oblasti souvislostí a zajímavostí.



Druhou skupinou jsou studenti čtyřletého gymnázia. Tato skupina má 14 členů. Třináct studentů se zúčastnilo hodiny, ve které jsem použila PowerPointovou prezentaci na téma Merkur. Při vyhodnocování byla použita stejná pravidla jako u skupiny 1. V tabulce č. 3 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 3: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 2 – výuka s pomocí prezentace													Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	22
<b>SLOŽENÍ PLANETY</b>	3	0	1	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	31
<b>ATMOSFÉRA</b>	2	0	0	2	0	0	1	2	2	2	2	2	2	17
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7
<b>POVRCH PLANETY</b>	2	0	2	3	1	3	2	3	3	3	3	3	3	31
<b>SATELIT</b>	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	7
<b>POZOROVÁNÍ</b>	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	9
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	2	0	1	4	2	2	2	3	4	4	4	3	2	33
<b>Součet bodů u studentů</b>	13	2	7	16	7	9	11	14	17	17	17	14	13	

Jen z počtu získaných bodů je patrné, že studenti získali mnohem více bodů, než tomu bylo u první skupiny.

Tabulka č. 4 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává

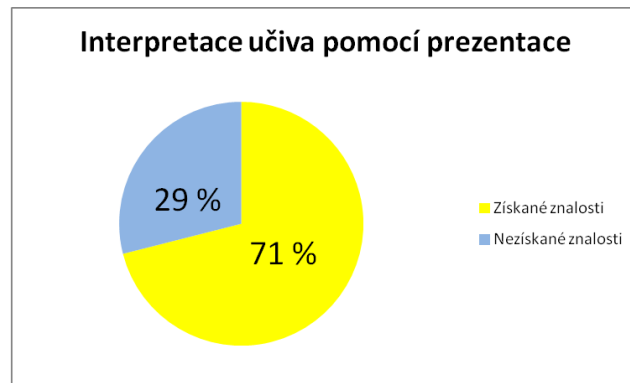
procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných vědomostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u první skupiny.

Tabulka č. 4: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

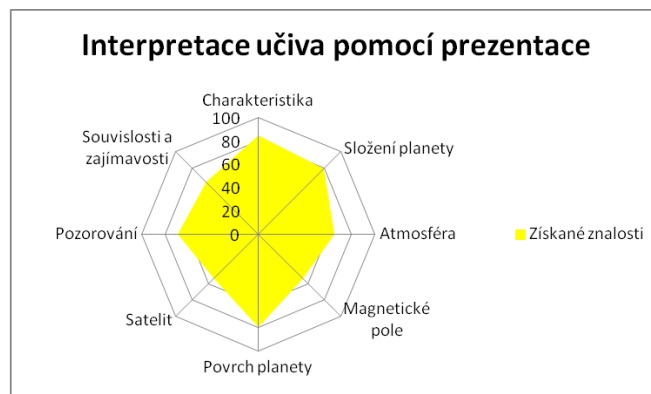
Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	22	26	85	15	10,	1,8
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	31	39	79	21	14,0	3,6
<i>ATMOSFÉRA</i>	17	26	65	35	7,7	4,1
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	7	13	54	46	3,2	2,7
<i>POVRCH PLANETY</i>	31	39	79	21	14,0	3,6
<i>SATELIT</i>	7	13	54	46	3,2	2,7
<i>POZOROVÁNÍ</i>	9	13	69	31	4,1	1,8
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	33	52	63	37	14,9	8,6
$\sum_1^z x_i$	157		$\sum_1^z Z_{c_i}$	71,0		
$N = \sum_1^z X_{max}$		212	$\sum_1^z N_{c_i}$	29		

U charakteristiky planety si studenti osvojili znalosti až z 85 %, což je obrovská úspěšnost. Následuje se stejnou procentuální úspěšností složení a povrch planety. V této oblasti si studenti osvojili znalosti z 80 %. V obou oblastech tak vysoké osvojení znalostí přikládám názornosti prezentace, kde studenti viděli jednotlivé útvary na povrchu Merkuru a také složení planety. Následuje oblast pozorování, kde osvojení znalostí dosáhlo 70 %. Opět názornost v podobě fotografií jistě měla za následek, že si studenti dané vědomosti osvojili v takové míře. Následuje oblast souvislostí a zajímavostí, kde studenti mohli spojit výklad s názorností, což vedlo k většímu získání znalostí, než tomu bylo u první skupiny. Na posledních místech se umístily oblasti magnetické pole a satelit, kde se jednalo o jednorázovou informaci, hlavně v případě satelitu. V oblasti týkající se magnetického pole byla 54% úspěšnost a stejná byla v oblasti satelitů.

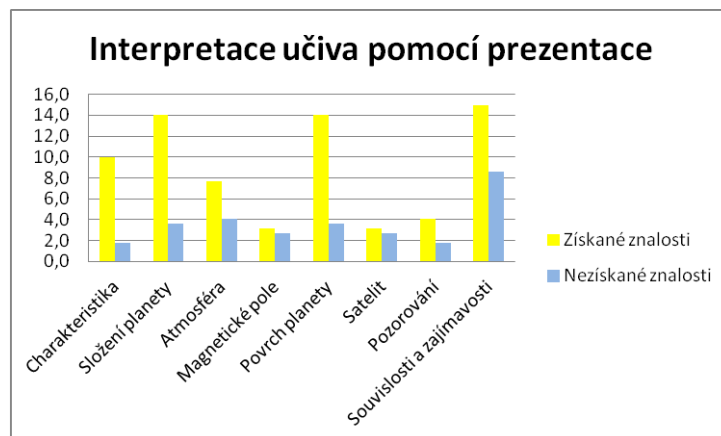
Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při výuce s použitím prezentace při výkladu planety Merkur. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 71 % a nezískané znalosti tvoří jen 29 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



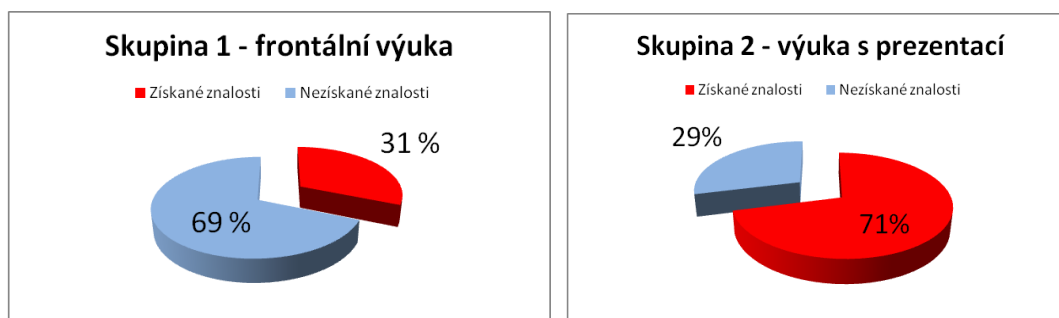
Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik procent znalostí nezískali. Studenti této skupiny ve všech oblastech získali více znalostí, než že by studentům znalosti chyběly. Opět se opakuje stejná situace jako u skupiny jedna. V případě souvislostí a zajímavostí sice studenti dosáhli nejlepší úspěšnosti, ale zároveň i největšího neúspěchu. Je patrné, že studenti s tímto zdrojem znalostí a informací neumí pracovat. Nejsou schopni propojovat znalosti do souvislostí a využívat těchto souvislostí ve vzdělávacím procesu. Lépe se jim přijímají holá fakta, než aby hledali odpovědi na otázky proč a jak.



Koláčové diagramy obou skupin

Skupina 1 – frontální výuka bez použití prezentace

Skupina 2 – výuka s použitím prezentace



Vyhodnocení jednoznačně ukázalo, že první skupina, tedy studenti víceletého gymnázia, měli výrazně méně znalostí než druhá skupina (studenti čtyřletého studia). U první skupiny nebyla při výkladu použita prezentace, což se výrazně projevilo na neznalostech studentů. U druhé skupiny byla při výkladu prezentace použita a množství získaných znalostí se zvýšilo o 40 %.

## 17 Vyhodnocení účinnosti u planety Venuše

Druhou testovanou planetou byla Venuše. Dělení skupin zůstalo stejné jako u planety Merkur. První skupina studentů víceletého gymnázia, která má 20 členů se celá zúčastnila vyučovací hodiny, kde daným tématem byla Venuše a během hodiny byla použita PowerPointová prezentace. Po skončení výkladu měli studenti 15 minut na sepsání všech znalostí, ale i souvislostí, které si z výkladu pamatují.

Odevzdané práce jsem hodnotila stejným způsobem jako u planety Merkur v osmi oblastech znalostí. Pojmenování oblastí zůstalo stejné, ale změnil se počet bodů, který mohli studenti získat v jednotlivých oblastech.

Do oblasti *CHARAKTERISTIKA* jsem zařadila pozici planety ve sluneční soustavě, znalosti o trajektorii, rotaci planety, oběh planety kolem Slunce a její velikost nebo srovnání velikosti planety se Zemí. V této oblasti mohli studenti získat maximálně dva body. Pokud udali alespoň čtyři údaje, získali maximum bodů. Pokud jen dva až tři údaje získali jeden bod. Za menší množství údajů nedostali studenti žádný bod.

Druhou oblastí bylo *SLOŽENÍ PLANETY*. Zde jsem zařadila jádro, plášť a kůru planety a jejich složení. Celkem mohli studenti získat tři body. Za jádro jeden, za plášť druhý a třetí za kůru.

Třetí oblast jsem pojmenovala *ATMOSFÉRA* a celkem, zde mohli studenti získat 4 body, jeden bod za chemické složení atmosféry, druhý za oblačnost, a zbylé dva za děje, které se vyskytují v atmosféře Venuše. Jsou to například superrotace, skleníkový efekt, bouřky, atmosférický tlak a zbarvení atmosféry. Za polovinu údajů mohli studenti získat po jednom bodu.

Čtvrtá oblast se nazývá *MAGNETICKÉ POLE*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud uvedli, že Venuše má indukované magnetické pole.

*POVRCH PLANETY* je pátou oblastí znalostí. Zde jsem hodnotila znalost povrchových útvarů, které se na Venuši vyskytují. Studenti v této oblasti mohli získat maximálně tři body. Jeden bod za jakýkoliv útvar na povrchu Venuše. Dva body za více útvarů a třetí bod, pokud měli znalost o pojmenování útvarů na Venuši, která nesou jména po ženách.

Šestou oblast znalostí jsem nazvala *SATELIT*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud věděli, že Venuše nemá žádný přirozený satelit.

*POZOROVÁNÍ* je sedmou oblastí, kde se hodnotilo, zda studenti mají znalosti ohledně pozorování planety na nebeské sféře a jaké má Venuše pojmenování podle pozorovatelnosti.

Poslední oblast jsem nazvala *SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI*, kde studenti mohli získat maximálně čtyři body. V této oblasti jsem dávala jeden bod za jakoukoliv další znalost, ať se týkala důvodu vysokých teplot na Venuši. Za další znalost, za kterou mohli studenti získat bod, je vysvětlení, proč se říká Venuši sestra Země nebo proč většina snímků je pořízena z oběžné dráhy. Za vysvětlení povrchových změn na Venuši nebo za vysvětlení vzniku magnetického pole mohli studenti získat další bod.

Tabulka č. 5 udává počet bodů získaných v jednotlivých oblastech znalostí u studentů. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student

Tabulka č. 5: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 1 – výuka s pomocí prezentace																			Součet bodů $x_i$	
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	34
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	1	1	2	2	0	0	1	0	1	0	1	2	2	0	0	2	2	0	0	1	18
<i>ATMOSFÉRA</i>	3	1	4	4	4	1	2	2	3	3	3	4	4	1	3	3	3	2	2	4	56
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	8
<i>POVRCH PLANETY</i>	2	1	3	3	2	0	0	0	1	1	0	3	3	1	1	2	2	1	0	3	29
<i>SATELIT</i>	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	10
<i>POZOROVÁNÍ</i>	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	15
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	1	1	4	2	2	1	1	1	2	3	1	4	4	2	2	3	2	1	0	3	40
Součet bodů u studentů	10	8	18	15	11	6	7	5	10	11	6	18	18	6	9	13	13	6	5	15	

Tabulka č. 6 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné značení a vzorce jako u ověřování účinnosti u planety Merkur.

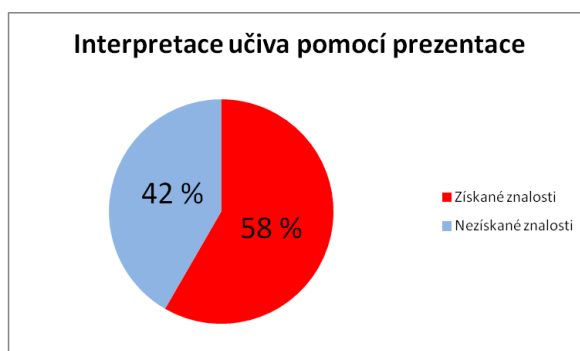
Tabulka č. 6: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	34	40	85	15	9,4	1,7
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	18	40	45	55	5,0	6,1
<i>ATMOSFÉRA</i>	56	80	70	30	15,6	6,7
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	8	20	40	60	2,2	3,3
<i>POVRCH PLANETY</i>	29	60	48	52	8,1	8,6
<i>SATELIT</i>	10	20	50	50	2,8	2,8
<i>POZOROVÁNÍ</i>	15	20	75	25	4,2	1,4
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	40	80	50	50	11,1	11,1
$\sum_1^z x_i$	210		$\sum_1^z Z_{c_i}$	58,3		
$N = \sum_1^z X_{max}$	360		$\sum_1^z N_{c_i}$	41,7		

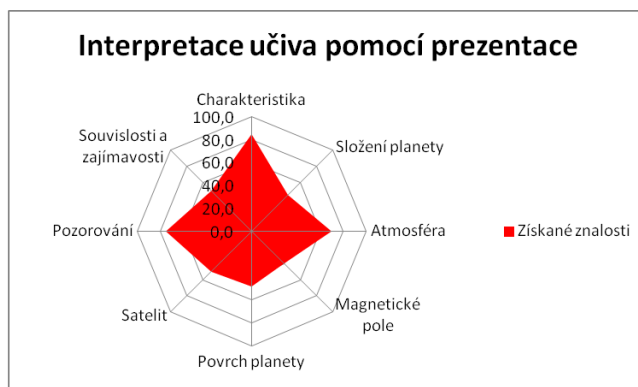
Studenti nejvíce znalostí získali v oblasti charakteristiky, celkem to bylo 85 %. Ze 75% úspěšností si studenti osvojili znalosti z oblasti pozorování, což je pravděpodobně dáno,

že pojmy jako jitřena a večernice jsou velmi známé a Venuše je planetou, která se bez problému dá nalézt na nebeské sféře, a jistě ji většina studentů i pozorovala. Oblast týkající se atmosféry si studenti osvojili ze 70 %. Atmosféra planety je velmi zajímavá a to nejen složením, ale i ději které zde probíhají, a proto si myslím, že studenty zaujala a možná i tak trochu šokovala. Polovina studentů si vzpomněla, že Venuše nemá přirozený satelit. V oblasti souvislostí a zajímavostí odpověděli s 50% úspěšností. Povrch planety, který je skryt pod hustou atmosférou, a proto obrázky nejsou reálnými fotografiemi, ale jsou vytvořené počítačovou grafikou z radarového snímkování planety. Pro studenty se mohli obrázky zdát nezajímavé, proto byla úspěšnost jen 48%. Složení planety dosáhlo 45% úspěšnosti a pouhých 40 % studentů si zapamatovalo, že Venuše má indukované magnetické pole.

Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při výuce s použitím prezentace při výkladu planety Venuše. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 58 % a nezískané znalosti tvoří 42 %.

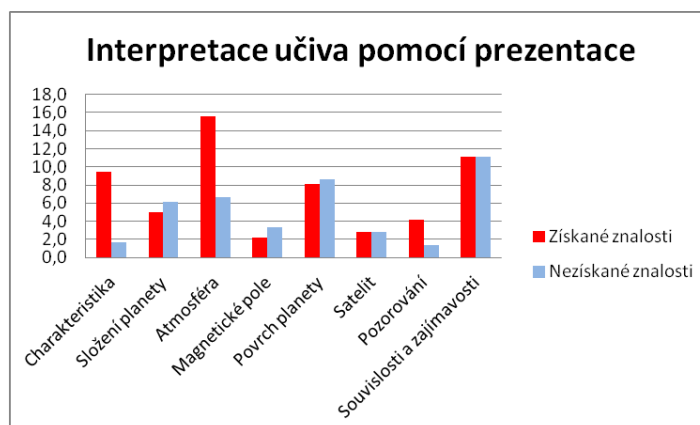


Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti této první

skupiny ve třech oblastech získali více než 50 % znalostí. Jsou to oblasti týkající se atmosféry, charakteristikami a pozorováním. Ve třech oblastech je tomu naopak. Jedná se o oblasti zabývající se složením a povrchem planety a také magnetickým polem. Ve dvou zbylých oblastech je znalost i neznalost poloviční. Jedná se o oblasti satelitů a souvislosti a pozorování. Je patrné, že při použití prezentace se zvýšilo množství osvojených znalostí na dané téma.



Druhá skupina studenti čtyřletého gymnázia, která má 14 členů, se celá zúčastnila vyučovací hodiny na téma Venuše, bez použití prezentace neboli klasickou frontální výukou. Při vyhodnocování byla použita stejná pravidla i vzorce jako u první skupiny. V tabulce č. 7 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 7: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 2 – frontální výuka														Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	0	2	0	0	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	17
<b>SLOŽENÍ PLANETY</b>	3	3	2	1	2	1	1	4	3	0	1	2	2	2	27
<b>ATMOSFÉRA</b>	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	3	1	1	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	1	15
<b>POVRCH PLANETY</b>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4
<b>SATELIT</b>	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	8
<b>POZOROVÁNÍ</b>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	2	2	1	0	1	2	2	1	1	0	0	1	2	2	17
<b>Součet bodů u studentů</b>	12	11	7	1	5	6	7	11	6	1	3	5	10	9	

Tabulka č. 8 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává



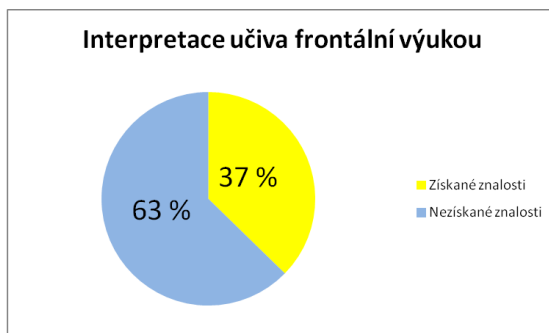
procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech.

Tabulka č. 8: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

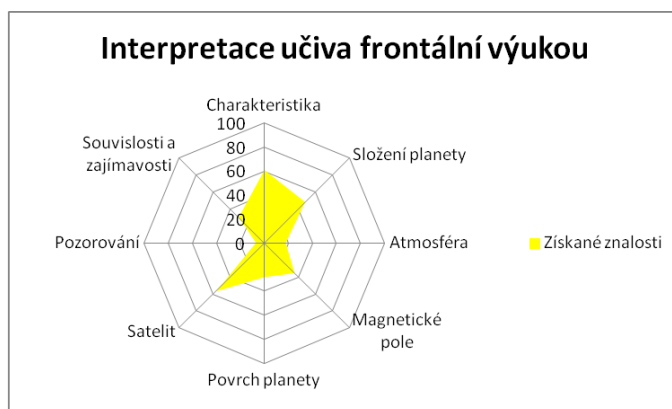
<b>Oblast znalostí</b>	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	17	28	61	39	6,7	4,4
<b>SLOŽENÍ PLANETY</b>	27	56	48	52	10,7	11,5
<b>ATMOSFÉRA</b>	5	28	18	82	2,0	9,1
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	15	42	36	64	6,0	10,7
<b>POVRCH PLANETY</b>	4	14	29	71	1,6	4,0
<b>SATELIT</b>	8	14	57	43	3,2	2,4
<b>POZOROVÁNÍ</b>	1	14	7	93	0,4	5,2
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	17	56	30	70	6,7	15,5
$\sum_1^z x_i$	94		$\sum_1^z Z_{c_i}$	37,3		
$N = \sum_1^z X_{max}$		252	$\sum_1^z N_{c_i}$		62,7	

Studenti získali nejvíce znalostí z oblasti charakteristiky a to s 61% úspěšností. Jednalo se o fakta týkající se hlavně pozice planety ve sluneční soustavě, její velikosti, která je blízká velikosti Země, což se velmi dobře zapamatuje. Planeta má také výrazně zpomalenou rotaci, což většinu studentů zaujalo, protože den na Venuši je delší než rok. Osm studentů vědělo, že Venuše nemá satelit, a proto se tato oblast dostala na druhou pozici s 57 %. Ze 48% úspěšností si studenti zapamatovali složení planety a ze 36% úspěšností, že Venuše má indukované magnetické pole. Další oblastí jsou souvislosti a zajímavosti, kde studenti nejvíce věděli, proč se Venuši říká sestra Země, takže dosažené znalosti jsou jen 30 %. Znalosti z povrchových útvarů na Venuši si studenti osvojili z 29 % a pouze 18 % znalosti mají o složení atmosféry Venuše a dějích, které v ní probíhají. Nejčastější znalost v této oblasti byla mračna obsahující kapky kyseliny sírové. Pozorování Venuše registroval pouze jeden student.

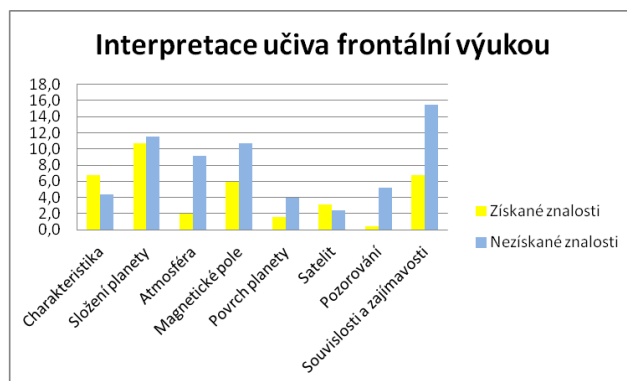
Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při frontální výuce bez použití prezentace při výkladu planety Venuše. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 37 % a nezískané znalosti tvoří 63 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



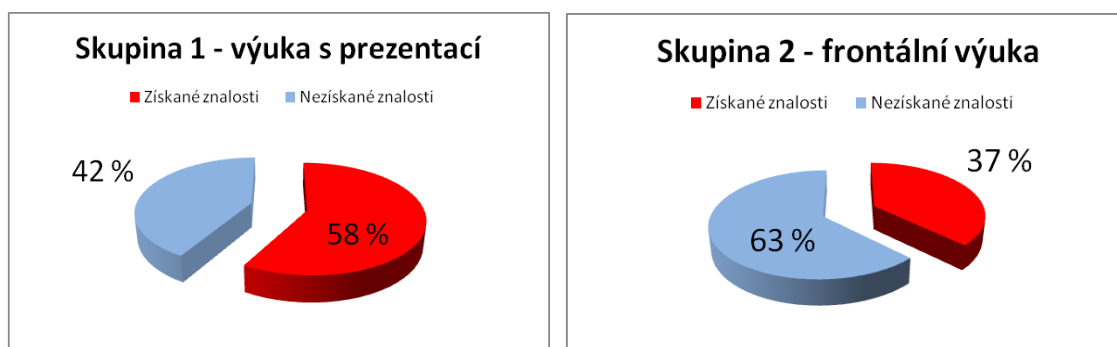
Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti druhé skupiny ve dvou oblastech získali více než 50 % znalostí. Jsou to oblasti týkající se charakteristik a satelitem. V ostatních oblastech převažují nezískané znalosti nad získanými. V oblastech týkající se složením planety a magnetickým polem rozdíl mezi získanými a nezískanými znalostmi není příliš velký. Na druhou stranu velmi málo znalostí získali studenti v oblastech týkající se atmosféry, povrchu planety a pozorování.



## Koláčové diagramy obou skupin

Skupina 1 – výuka s použitím prezentace

Skupina 2 – frontální výuka bez použití prezentace



Vyhodnocení jednoznačně ukázalo, že první skupina, tedy studenti víceletého gymnázia, měli výrazně více znalostí než druhá skupina (studenti čtyřletého studia). U druhé skupiny nebyla při výkladu použita prezentace, což se výrazně projevilo na neznalostech studentů. U první skupiny byla při výkladu prezentace použita a množství získaných znalostí se zvýšilo o 21 %.

## 18 Vyhodnocení účinnosti u planety Neptun

První skupina jsou studenti víceletého gymnázia a tato skupina má 20 členů. Během výkladu se hodiny zúčastnilo 16 studentů. Výklad se týkal planety Neptun a probíhal u této skupiny s použitím prezentace. Po skončení výkladu měli studenti jako v předchozích případech 15 minut na sepsání všech znalostí, ale i souvislostí, které si z výkladu pamatují.

Odevzdané práce jsem hodnotila v osmi oblastech znalostí.

První jsem pojmenovala *CHARAKTERISTIKA*. Do oblasti *CHARAKTERISTIKA* jsem zařadila pozici planety ve sluneční soustavě, vzdálenost od Slunce, rotaci planety, oběh planety kolem Slunce a její velikost nebo srovnání velikosti planety se Zemí. V této oblasti mohli studenti získat maximálně dva body. Pokud udali alespoň čtyři údaje, získali maximum bodů. Pokud uvedli jen dva až tři údaje, získali jeden bod. Menší množství údajů bylo hodnoceno nula body.

Druhou oblastí bylo *SLOŽENÍ PLANETY*. Zde jsem zařadila jádro, plášť a kůru planety a její chemické složení. Celkem mohli studenti získat pět bodů. Za jádro jeden, za plášť druhý a třetí za kůru. Za chemické složení další dva body.

Třetí oblast se vztahovala k atmosféře planety, proto jsem ji nazvala *ATMOSFÉRA*. Za údaj, že studenti vědí, že Neptun má mohutnou a hustou atmosféru, jim byl přidělen jeden bod. Pokud získali znalost o složení této atmosféry, získali druhý bod. Další dva body získali za složení a děje v atmosféře. Maximum bodů v této oblasti jsou čtyři body.

Čtvrtá oblast se nazývá *MAGNETICKÉ POLE*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud uvedli, že Neptun má silné magnetické pole.

Pátou oblast znalostí jsem nazvala *SATELITY*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud věděli, že Neptun má 14 přirozených satelitů.

*PRSTENCE* jsou šestou oblastí, kde se hodnotilo, zda studenti mají znalosti ohledně systémů prstenců, které se vyskytují kolem planety Neptun. Za tuto znalost jsem studentům dala jeden bod.

Sedmá oblast je zaměřená na největší a nejzajímavější Neptunův měsíc Triton. Stejným názvem jsem tuto oblast pojmenovala tedy *TRIRON*. Zde mohli studenti získat maximálně 3 body. Jeden bod jsem dávala za znalost povrchu a povrchových útvarů, druhý bod jsem dala za složení tělesa nebo za znalosti z oblasti řídké atmosféry. Poslední bod mohli studenti získat za znalost v oblasti kryovulkanismu a jeho projevů.

Poslední oblast jsem nazvala *SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI*, kde studenti mohli získat maximálně čtyři body. V této oblasti jsem dávala jeden bod za jakoukoliv další znalost, ať se týkala vzniku magnetického pole a posunu magnetické osy planety nebo za vysvětlení vzniku vnitřní energie. Další bod mohli studenti získat za vysvětlení vzniku a zániku tmavých skvrn v atmosféře nebo vzniku proudění, které je nejrychlejší ze všech planet sluneční soustavy. Poslední bod mohli studenti získat za vysvětlení zbarvení prstenců nebo za vysvětlení střídání čtvera ročních období.

Tabulka č. 9 udává počet bodů získaných v jednotlivých oblastech znalostí u studentů. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 9 : Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 1 – výuka s pomocí prezentace																Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	0	1	2	2	0	1	1	2	1	1	2	0	1	0	2	0	16
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	0	0	1	3	3	0	0	5	3	0	0	0	0	5	5	0	25
<i>ATMOSFÉRA</i>	2	0	2	2	2	3	3	3	3	0	3	0	1	4	4	3	35
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>SATELITY</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	12
<i>PRSTENCE</i>	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	9
<i>TRITON</i>	0	0	0	1	2	3	3	3	1	0	2	0	0	3	3	0	21
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	1	0	1	1	1	1	2	4	1	0	2	0	1	3	4	1	23
Součet bodů u studentů	3	1	8	11	10	9	11	19	9	1	11	1	4	17	21	6	

Tabulka č. 10 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech.

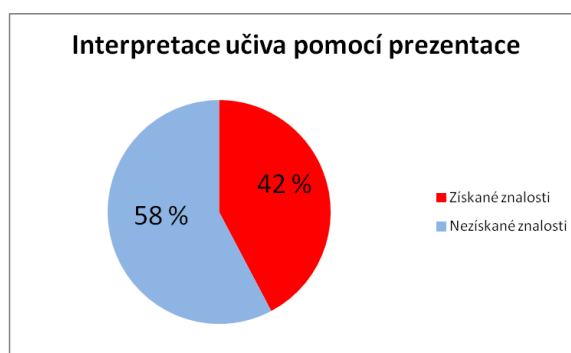
Tabulka č. 10: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	16	32	50	50	4,8	4,8
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	25	80	31	69	7,4	16,4
<i>ATMOSFÉRA</i>	35	64	55	45	10,4	8,6
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	1	16	6	94	0,3	4,5
<i>SATELITY</i>	12	16	45	25	3,6	1,2
<i>PRSTENCE</i>	9	16	56	44	2,7	2,1
<i>TRITON</i>	21	48	44	56	6,3	8,0
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	23	64	36	64	6,8	12,2
$\sum_1^z x_i$	142		$\sum_1^z Z_{c_i}$	42,3		
$N = \sum_1^z X_{max}$	336		$\sum_1^z N_{c_i}$	57,7		

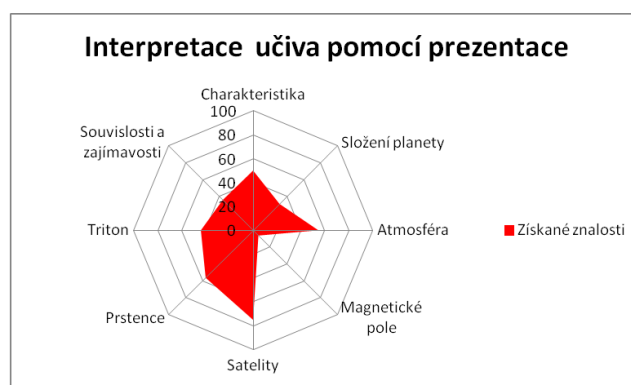
V oblasti týkající se prstenců byla 56% úspěšnost získaných znalostí. Znalost o atmosféře a dějích v ní byla 54 %. V případě charakteristik planety je úspěšnost vysoká, dosahuje 50 %, což svědčí o tom, že studenti jsou schopni si velmi dobře zapamatovat číselné

hodnoty. Dvanáct studentů ze šestnácti správně odpovědělo na téma týkající se satelitů a tím se úspěšnost získaných znalostí dostala na 45 %. Poté následuje největší satelit planety Saturn Triton, v této oblasti studenti získali znalosti ze 44 %. V oblasti souvislostí a zajímavostí studenti získali 36 % a v oblasti složení planety 31 %. Pouze jeden student si vzpomněl, že planeta má také magnetické pole.

Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při výuce s použitím prezentace při výkladu planety Neptun. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 42 % a nezískané znalosti tvoří 58 %.

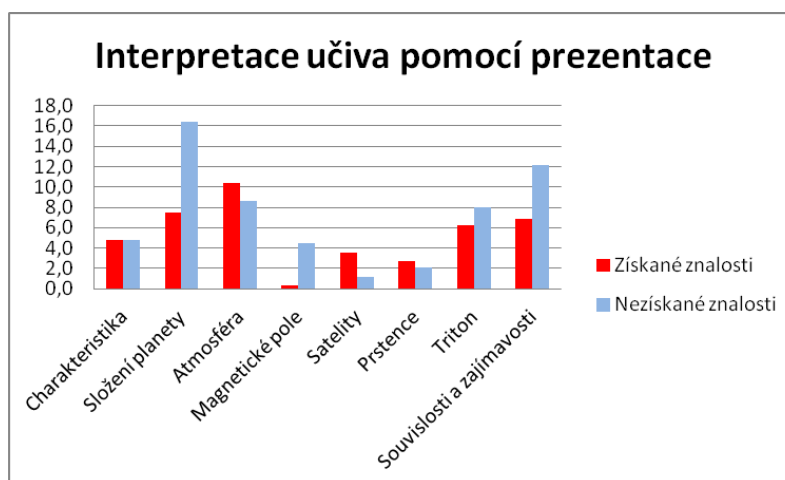


Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti první skupiny ve třech oblastech získali více než 50 % znalostí. Jsou to oblasti týkající se atmosféry, prstenců a satelitů. V ostatních oblastech převažují znalosti nezískané nad získanými. Pouze v oblasti týkající se charakteristik planety jsou získané znalosti 50 %

na 50 % nezískaných znalostí. Ostatní oblasti znalostí jsou v procentuálním vyjádření výrazně na nižší hodnotě, jen v oblasti týkající se Tritonu není výrazný rozdíl mezi získanými a nezískanými znalostmi.



Druhá skupina studentů čtyřletého gymnázia, která má 14 členů, se celá zúčastnila vyučovací hodiny na téma Neptun bez použití prezentace neboli klasickou frontální výukou. Při vyhodnocování byla použita stejná pravidla i vzorce jako u první skupiny. V tabulce č. 11 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 11: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 2 – frontální výuka														Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
	0	2	2	2	0	2	0	1	1	0	0	0	1	1	
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	0	2	2	2	0	2	0	1	1	0	0	0	1	1	12
<b>SLOŽENÍ PLANETY</b>	0	4	2	2	2	2	1	2	0	0	0	0	2	0	17
<b>ATMOSFÉRA</b>	2	2	1	1	3	3	1	2	2	0	0	0	1	0	18
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
<b>SATELITY</b>	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	8
<b>PRSTENCE</b>	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<b>TRITON</b>	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	6
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	1	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	9
<b>Součet bodů u studentů</b>	4	15	8	6	7	14	2	7	3	0	0	2	8	1	

Tabulka č. 12 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává

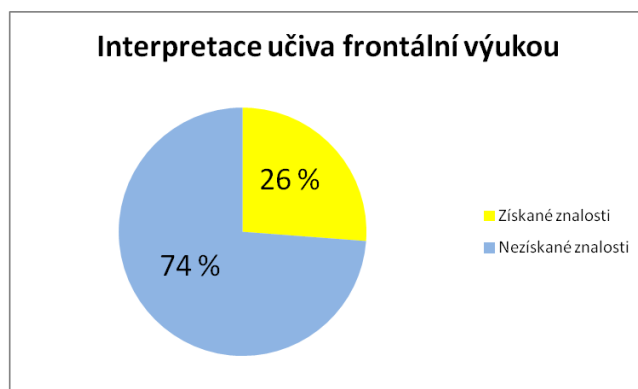
procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných vědomostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u první skupiny.

Tabulka č. 12: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	12	28	43	57	4,2	5,6
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	17	60	28	72	6,0	15,1
<i>ATMOSFÉRA</i>	18	56	32	68	6,3	13,4
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	3	14	21	79	1,1	3,9
<i>SATELITY</i>	8	14	57	43	2,8	2,1
<i>PSTENCE</i>	4	14	29	71	1,4	3,5
<i>TRITON</i>	6	42	14	86	2,1	12,7
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	9	56	16	84	3,2	16,5
$\sum_1^z x_i$	77		$\sum_1^z Z_{c_i}$	27,1		
$N = \sum_1^z X_{max}$		284	$\sum_1^z N_{c_i}$	72,9		

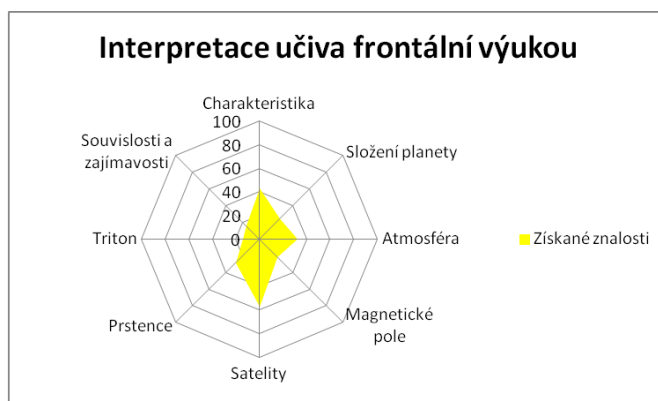
V oblasti týkající se přirozených satelitů byla 57% úspěšnost získaných znalostí. Znalosti z oblasti charakteristik byly 43 %. V případě atmosféry planety je úspěšnost 32 %. Čtyři studenti si zapamatovali, že Neptun má systém prstenců, proto tato oblast má 29% úspěšnost. Následuje složení planety s 28 %. Tři studenti si zapamatovali znalosti z oblasti magnetického pole, a proto tato oblast má 21% úspěšnost. V oblasti souvislosti a zajímavosti studenti získali 16 %. Poté následuje největší satelit planety Saturn Triton, v této oblasti studenti získali znalosti ze 14 %.

Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při frontální výuce bez použití prezentace při výkladu planety Neptun. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 26 % a nezískané znalosti tvoří 74 %.

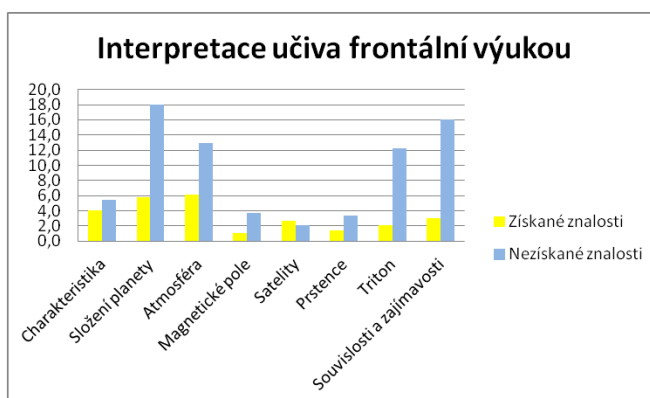




Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



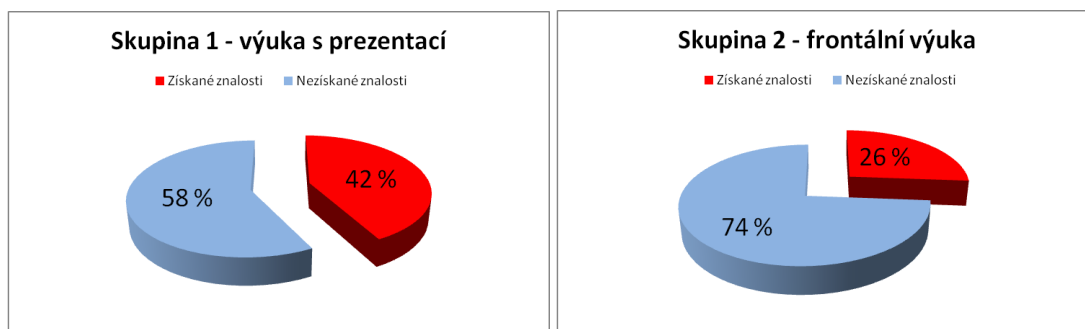
Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti druhé skupiny pouze v jedné oblasti získali více než 50 % znalostí. Je to oblast týkající se satelitů. V ostatních oblastech převažují nezískané znalosti nad získanými. V oblasti týkající se charakteristiky rozdíl mezi získanými a nezískanými znalostmi není příliš velký. V ostatních oblastech výrazně převažují nezískané znalosti nad získanými.



Koláčové diagramy obou skupin

Skupina 1 – výuka s použitím prezentace

Skupina 2 – frontální výuka bez použití prezentace



Vyhodnocení jednoznačně ukázalo, že první skupina, tedy studenti víceletého gymnázia, měli výrazně více znalostí než druhá skupina (studenti čtyřletého studia). U první skupiny byla při výkladu použita prezentace, což se výrazně projevilo na znalostech studentů. U druhé skupiny nebyla při výkladu prezentace použita a množství získaných znalostí se snížilo o 16 %.

## 19 Vyhodnocení účinnosti u planety Saturn

Z první skupiny (studenti víceletého studia), která má 20 členů se výkladu zúčastnilo 13 studentů. Výklad se týkal planety Saturn a probíhal u této skupiny frontální výukou bez použití prezentace. Po skončení výkladu měli studenti, jako v předchozích případech 15 minut na sepsání všech znalostí, ale i souvislostí, které si z výkladu pamatují.

Odevzdané práce jsem vyhodnotila v osmi oblastech znalostí.

První jsem pojmenovala *CHARAKTERISTIKA*. Do oblasti *CHARAKTERISTIKA* jsem zařadila pozici planety ve sluneční soustavě, vzdálenost od Slunce, rotaci planety, oběh planety kolem Slunce a její velikost nebo srovnání velikosti planety se Zemí. V této oblasti mohli studenti získat maximálně dva body. Pokud udali alespoň čtyři údaje, získali maximum bodů. Pokud jen dva až tři údaje, získali jeden bod. Menší množství údajů bylo hodnoceno nula body.

Druhou oblastí bylo *SLOŽENÍ PLANETY*. Zde jsem zařadila jádro, plášť a kůru planety a její chemické složení. Celkem mohli studenti získat pět bodů. Za jádro jeden, za plášť druhý a třetí za kůru. Za chemické složení další dva body.

Třetí oblast se vztahovala k atmosféře planety, proto jsem ji nazvala *ATMOSFÉRA*. Za údaj, že studenti vědí, že Neptun má mohutnou a hustou atmosféru, jim byl přidělen jeden bod. Pokud získali znalost o složení této atmosféry, získali druhý bod. Další dva body získali za složení a děje v atmosféře. Maximum bodů v této oblasti jsou čtyři body.

Čtvrtá oblast se nazývá *MAGNETICKÉ POLE*. Zde mohli studenti získat jeden bod, pokud uvedli, že Saturn má silné magnetické pole.

Pátou oblast znalostí jsem nazvala *SATELITY*. Zde mohli studenti získat maximálně dva body. Jeden bod získali, pokud věděli, že Saturn má 62 přirozených satelitů. Druhý bod obdrželi za znalosti o některém z významnějších Saturnových satelitů.

*PRSTENCE* jsou šestou oblastí, kde se hodnotilo, zda studenti mají znalosti ohledně systémů prstenců, které se vyskytují kolem planety Saturn. Za tuto znalost jsem studentům dala jeden bod.

Sedmá oblast je zaměřená na největší a nejzajímavější Saturnův měsíc Titan. Stejným názvem jsem tuto oblast pojmenovala tedy *TITAN*. Zde mohli studenti získat maximálně 3 body. Jeden bod jsem dávala za znalost povrchu a povrchových útvarů, druhý bod jsem dala za složení tělesa nebo za znalosti z oblasti řídké atmosféry. Poslední bod mohli studenti získat za znalost v oblasti kryovulkanismu a jeho projevů.

Poslední oblast jsem nazvala *SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI*, kde studenti mohli získat maximálně čtyři body. V této oblasti jsem dávala jeden bod za jakoukoliv další znalost, ať se týkala vzniku magnetického pole nebo za vysvětlení vzniku vnitřní energie. Další bod mohli studenti získat za vysvětlení pásové struktury v atmosféře. Poslední bod mohli studenti získat za vysvětlení loukotí prstenců nebo za vysvětlení posunu útvarů na Titanu.

Tabulka č. 13 udává počet bodů získaných v jednotlivých oblastech znalostí u studentů. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 13: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 1 – frontální výuka													Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
	0	1	0	2	1	0	2	1	1	0	0	1	2	
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	0	1	0	2	1	0	2	1	1	0	0	1	2	11
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	0	0	2	1	1	2	1	1	2	0	0	2	3	15
<i>ATMOSFÉRA</i>	0	0	1	2	1	1	2	0	1	1	0	2	2	13
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	4
<i>SATELITY</i>	0	0	1	2	1	1	0	1	1	0	1	2	2	12
<i>PRSTENCE</i>	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11
<i>TITAN</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	2	2	2	1	2	11
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	0	0	1	2	1	1	1	1	2	0	0	2	3	14
<b>Součet bodů u studentů</b>	1	1	6	11	6	8	8	4	11	4	4	11	16	

Tabulka č. 14 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává

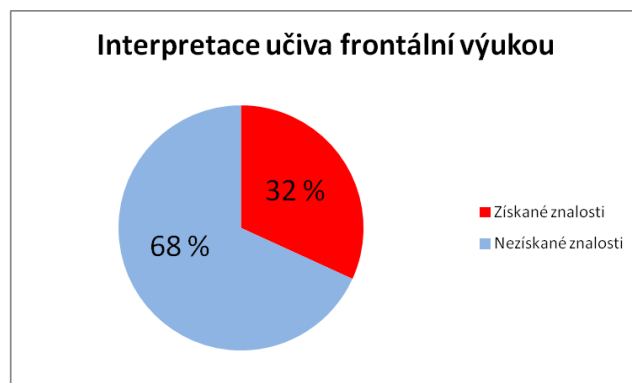
procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných vědomostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u všech dosud ověřovaných účinností u ostatních planet.

Tabulka č. 14: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

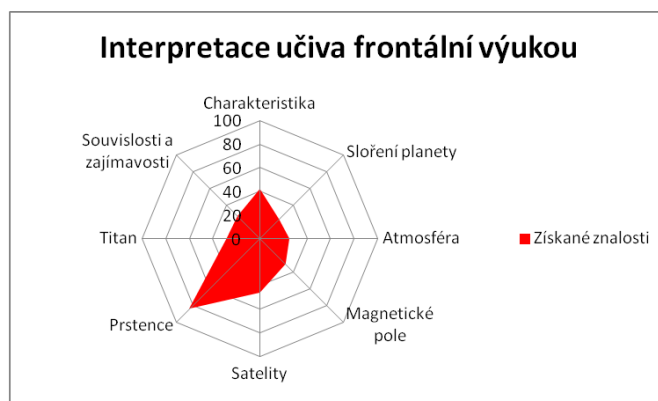
Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	11	26	42	58	3,8	5,2
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	15	65	23	77	5,2	17,5
<i>ATMOSFÉRA</i>	13	52	25	75	4,5	13,6
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	4	13	31	69	1,4	3,1
<i>SATELITY</i>	12	26	46	54	4,2	4,9
<i>PSTENCE</i>	11	13	85	15	3,8	0,7
<i>TITAN</i>	11	39	28	72	3,8	9,8
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	14	52	27	73	4,9	13,3
$\sum_1^z x_i$	91		$\sum_1^z Z_{c_i}$	31,8		
$N = \sum_1^z X_{max}$		286	$\sum_1^z N_{c_i}$	68,2		

Jedenáct studentů ze třinácti mělo znalost o systému prstenců, a proto tato oblast má 85% úspěšnost. S velkou pravděpodobností tuto informaci studenti již znali. Systém prstenců je u Saturnu dominantní a pro většinu studentů jsou prstence identifikačním znakem, podle kterého zjistí, že se jedná právě o Saturn. V oblasti týkající se satelitů byla úspěšnost 46 %. V oblasti charakteristiky studenti získali znalosti ze 42 %. V oblasti týkající se magnetického pole byla 31% úspěšnost. O měsíci Titanu studenti získali jen 28 % znalostí, což není příliš vysoká hodnota na to, i když Titan patří mezi zajímavější tělesa ve sluneční soustavě. Za oblastí věnované Titanu následuje oblast souvislostí a zajímavostí, ve které studenti získali 27 % znalostí. V oblasti týkající se složení Saturnu a jeho atmosféry získali studenti nejméně znalostí. V oblasti atmosféry byly znalosti jen čtvrtinové a v oblasti složení planety jen 23%. Je patrné, že studenti si nebyli schopni představit děje, které v atmosféře probíhají. V oblasti složení planety, kde se používají termíny jako kovový vodík v pevném stavu a v kapalném stavu, oceán kapalného vodíku nebo supravodivost, jsou pro studenty vzdálené pojmy, se kterými se běžně nesetkávají.

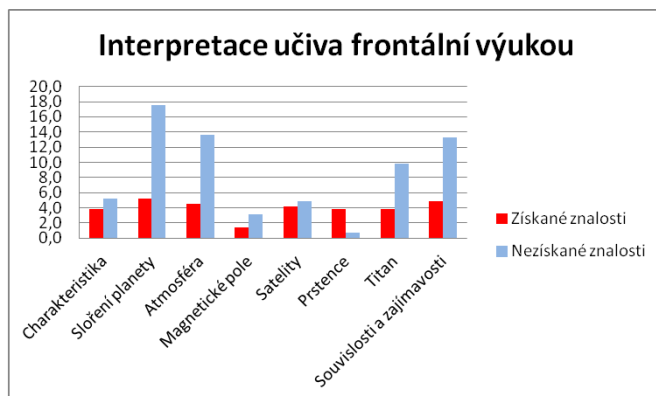
Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při frontální výuce bez použití prezentace při výkladu planety Saturn. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 32 % a nezískané znalosti tvoří 68 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti první skupiny pouze v jedné oblasti získali více než 50 % znalostí. Je to oblast týkající se systému prstenců. V ostatních oblastech převažují nezískané znalosti nad získanými. V oblastech charakteristik a satelitů jsou získané znalosti a neznalosti přibližně poloviční. V ostatních oblastech výrazně převažují nezískané znalosti nad získanými.



Druhá skupina studentů čtyřletého gymnázia, která má 14 členů, se celá zúčastnila vyučovací hodiny na téma Saturn. Během výkladu byla použita PowerPointová prezentace. Při vyhodnocování byla použita stejná pravidla i vzorce jako u první skupiny. V tabulce č. 15 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 15: Počet bodů u testovaných studentů

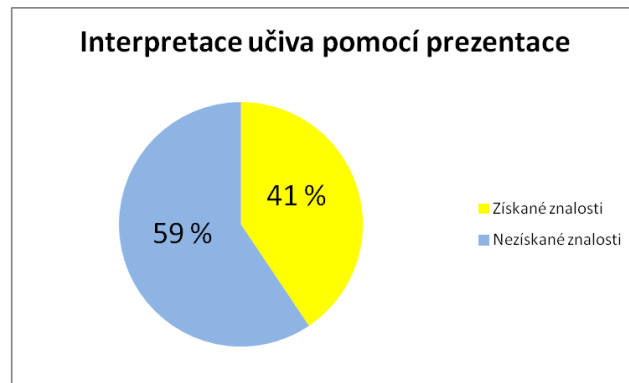
Oblast znalostí	Skupina 2 – výuka s pomocí prezentace														Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	1	1	0	2	1	2	0	1	1	1	1	1	0	0	12
<b>SLOŽENÍ PLANETY</b>	2	2	0	0	2	4	1	3	2	1	3	2	0	1	23
<b>ATMOSFÉRA</b>	2	2	0	2	1	3	1	1	0	0	2	1	1	1	17
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	6
<b>SATELITY</b>	1	2	1	1	1	2	2	0	0	1	2	2	1	1	17
<b>PRSTENCE</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
<b>TITAN</b>	1	3	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	16
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	1	2	0	1	2	3	1	1	1	1	2	2	1	2	20
<b>Součet bodů u studentů</b>	9	14	2	7	10	18	8	8	6	6	13	10	6	8	

Tabulka č. 16 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných vědomostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u všech dosud ověřovaných účinností u ostatních planet.

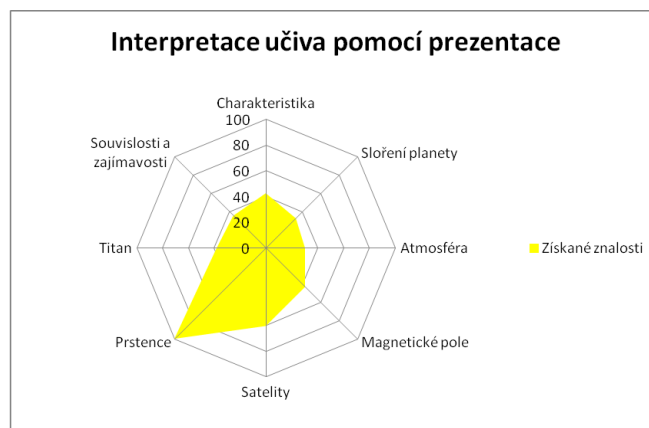
Tabulka č. 16: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<i>CHARAKTERISTIKA</i>	12	28	43	57	3,9	5,2
<i>SLOŽENÍ PLANETY</i>	23	70	33	67	7,5	15,3
<i>ATMOSFÉRA</i>	17	56	30	70	5,5	12,7
<i>MAGNETICKÉ POLE</i>	6	14	43	57	1,9	2,6
<i>SATELITY</i>	17	28	61	39	5,5	3,6
<i>PSTENCE</i>	14	14	100	0	4,5	0,0
<i>TITAN</i>	16	42	38	62	5,2	8,4
<i>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</i>	20	56	36	64	6,5	11,7
$\sum_1^z x_i$	125		$\sum_1^z Z_{c_i}$	40,6		
$N = \sum_1^z X_{max}$		308	$\sum_1^z N_{c_i}$	59,4		

Všichni studenti měli znalost o systému prstenců, a proto tato oblast má 100% úspěšnost. Systém prstenců je u Saturnu dominantní a pro všechny studenty jsou prstence identifikačním znakem, podle kterého zjistí, že se jedná právě o Saturn. Také studenti první skupiny měli v této oblasti znalostí největší procentuální hodnotu. V oblasti týkající se satelitů byla úspěšnost 61 %. V oblasti charakteristiky a satelitů získali studenti stejné množství znalostí, a to 43 %. O měsíci Titanu studenti získali 38 % znalostí, což není příliš vysoká hodnota na to, že Titan patří mezi zajímavější tělesa ve sluneční soustavě. Za oblastí, která se věnuje Titanu, následuje oblast souvislostí a zajímavostí, ve které studenti získali 36 % znalostí. V oblasti týkající se složení Saturnu a jeho atmosféry získali studenti nejméně znalostí. V oblasti atmosféry byly znalosti jen 30% a v oblasti složení planety 33%. Je zajímavé, že v těchto oblastech měli problém i studenti první skupiny, což je dáno používáním termínů, jako je kovový vodík v pevném stavu a v kapalném stavu, oceán kapalného vodíku nebo supravodivost. Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při výuce s použitím prezentace při výkladu planety Saturn. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 41 % a nezískané znalosti tvoří 59 %.

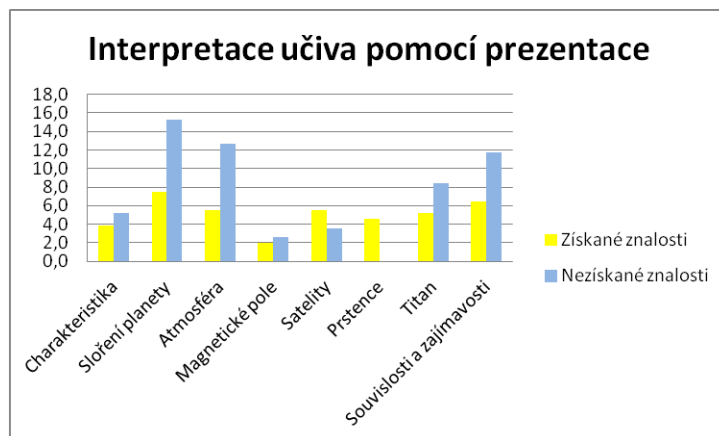


Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti druhé skupiny získali v jedné oblasti 100 % znalosti, jedná se o oblast týkající se systému prstenců. V oblasti satelitů znalosti převažovaly nad neznalostmi. V ostatních oblastech převažují nezískané znalosti nad získanými. V oblastech charakteristik a magnetického pole jsou získané znalosti a neznalosti přibližně poloviční. V ostatních oblastech převažují nezískané znalosti nad získanými. Největší rozdíl mezi získanými a nezískanými znalostmi je v oblasti týkající se složení planety a atmosféry.

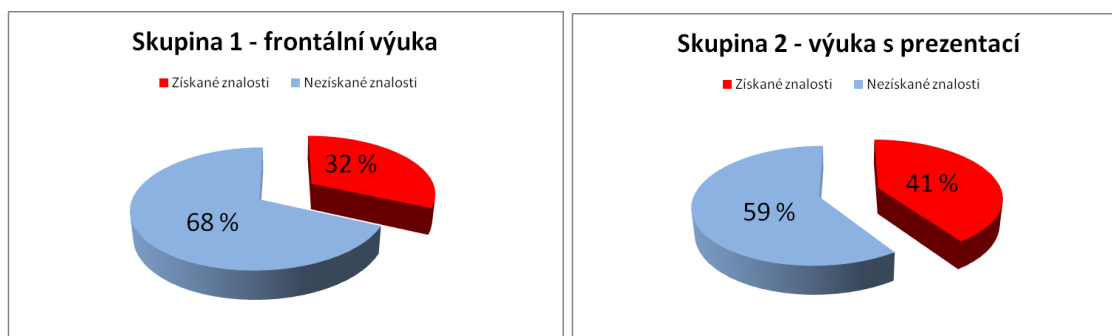




Koláčové diagramy obou skupin

Skupina 1 – frontální výuka bez použití prezentace

Skupina 2 – výuka s použitím prezentace.



Vyhodnocení jednoznačně ukázalo, že první skupina, tedy studenti víceletého gymnázia, měli méně znalostí než druhá skupina (studenti čtyřletého studia). U první skupiny nebyla při výkladu použita prezentace, což se projevilo na znalostech studentů. U druhé skupiny byla při výkladu prezentace použita a množství získaných znalostí se zvýšilo o 9 %.

## 20 Vyhodnocení účinnosti u Slunce

Z první skupiny (studenti víceletého studia), která má 20 členů, se výkladu zúčastnilo 14 studentů. Výklad se týkal centrální hvězdy sluneční soustavy, tedy Slunce, a probíhal u této skupiny frontální výukou bez použití prezentace. Po skončení výkladu měli studenti jako v předchozích případech 15 minut na sepsání všech znalostí, ale i souvislostí, které si z výkladu pamatují.

Odevzdané práce jsem vyhodnotila v devíti oblastech znalostí.

První jsem pojmenovala *CHARAKTERISTIKA*. Do oblasti *CHARAKTERISTIKA* jsem zařadila velikost a hmotnost Slunce vzhledem k Zemi, procentuální zastoupení hmotnosti vzhledem ke sluneční soustavě, vzdálenost od Země, rotaci pólů a rovníku. V této oblasti mohli studenti získat maximálně dva body. Pokud udali alespoň čtyři údaje, získali maximum bodů. Pokud jen dva až tři údaje, získali jeden bod. Za menší množství údajů jsem body nedávala.

Druhou oblastí bylo *SLOŽENÍ HVĚZDY*. Zde jsem zařadila jádro, radiační a konvektivní zónu a chemické složení Slunce. Celkem mohli studenti získat tři body. Za jádro jeden, za radiační a konvektivní zónu druhý a třetí za chemické složení.

Další tři oblasti se vztahovaly k atmosféře Slunce, která má tři části. Každou část sluneční atmosféry jsem hodnotila zvlášť. Třetí oblast znalostí jsem nazvala podle nejbližší vrstvy ke Slunci *FOTOSFÉRA*. Jeden bod jsem dávala za znalost o fotosféře, o její barvě a velikosti. Po jednom bodu jsem udělovala za znalost granulace, slunečních skvrn a fakuží. Celkem tedy mohli studenti získat čtyři body. Čtvrtou oblast jsem nazvala *CHROMOSFÉRA*, kde mohli studenti získat celkem pět bodů, po jednom bodu za znalosti o chromosféře, spikulách, erupcích, protuberancích a CME. Pátá oblast *KORÓNA* je zaměřena na poslední vrstvu sluneční atmosféry, její teplotu, barvu a možnosti pozorování. Celkem tedy mohli studenti získat dva body, a to za jakékoliv dvě znalosti z této oblasti.

Šestá oblast se nazývá *MAGNETICKÉ POLE*. Zde mohli studenti získat dva body, pokud uvedli, že Slunce má silné magnetické pole, které se jednou za jedenáct let přepóluje.

Sedmou oblast znalostí jsem nazvala *SLUNEČNÍ CYKLUS*. Zde mohli studenti získat maximálně dva body. Jeden bod obdrželi, pokud věděli, co je sluneční cyklus a jak je dlouhý. Druhý bod za znalosti o projevech sluneční aktivity v maximu a minimu.

*ZATMĚNÍ SLUNCE* je osmou oblastí, kde jsem hodnotila, zda studenti mají znalosti o vzniku zatmění, délce trvání zatmění, oblasti pozorovatelnosti a druhu zatmění. Za každou z těchto znalostí jsem dala jeden bod. Maximálně mohli studenti získat čtyři body.

Poslední oblast jsem nazvala *SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI*, kde studenti mohli získat maximálně šest bodů. V této oblasti jsem dávala jeden bod za jakoukoliv další znalost, ať se týkala souvislosti magnetického pole a projevů na Slunci, za vysvětlení vzniku slunečních skvrn a barvy umbry. Další body jsem dávala za vysvětlení, proč Slunce svítí a hřeje, nebo za vysvětlení, proč jsou nebezpečné erupce CME. Poslední body jsem

dávala za vysvětlení principu termojaderných reakcí nebo za vysvětlení vzniku granulace.

V tabulce č. 17 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 17: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 1 – frontální výuka														Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7
<b>SLOŽENÍ HVĚZDY</b>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	0	1	11
<b>FOTOSFÉRA</b>	1	2	0	0	2	0	2	3	0	1	1	0	0	1	13
<b>CHROMOSFÉRA</b>	1	2	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	6
<b>KORÓNA</b>	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
<b>SLUNEČNÍ CYKUS</b>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
<b>ZATMĚNÍ SLUNCE</b>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	0	15
<b>Součet bodů u studentů</b>	5	8	4	5	6	2	10	7	3	3	4	4	5	3	

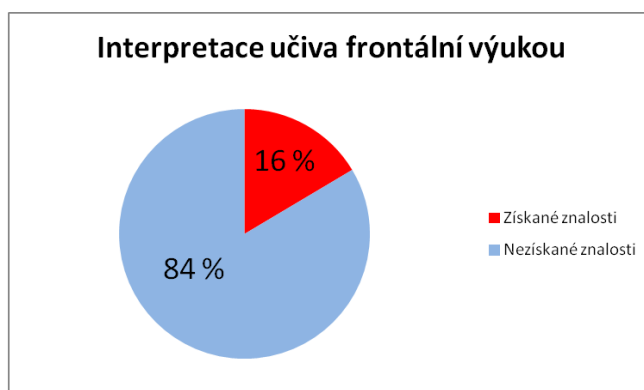
Tabulka č. 18 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných vědomostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u všech dosud ověřovaných účinností.

Tabulka č. 18: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

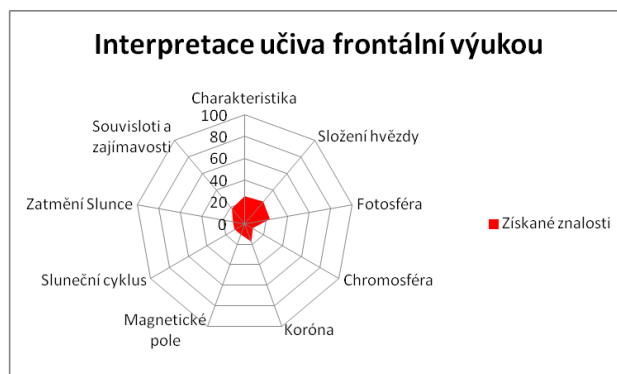
Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$p_{z_i}$	$p_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	7	28	25	75	1,7	5,0
<b>SLOŽENÍ HVĚZDY</b>	11	42	26	74	2,6	7,4
<b>FOTOSFÉRA</b>	13	56	23	77	3,1	10,2
<b>CHROMOSFÉRA</b>	6	70	9	91	1,4	15,2
<b>KORÓNA</b>	5	28	18	82	1,2	5,5
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	3	28	11	89	0,7	6,0
<b>SLUNEČNÍ CYKLUS</b>	3	28	11	89	0,7	6,0
<b>ZATMĚNÍ SLUNCE</b>	6	56	11	89	1,4	11,9
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	15	84	18	82	3,6	16,4
$\sum_1^z x_i$	69		$\sum_1^z Z_{c_i}$	16,4		
$N = \sum_1^z X_{max}$	420		$\sum_1^z N_{c_i}$	83,6		

Nejvíce znalostí získali studenti v oblasti týkající se složení naší centrální hvězdy. Úspěšnost v této oblasti je 26 %. Čtvrtinu znalostí studenti získali v oblasti charakteristika. Za touto oblastí následuje fotosféra s 23% úspěšností. Stejně procentuální získání znalostí bylo v oblastech věnující se koróně a souvislostem a zajímavostem, a to s 18% úspěšností. Ve třech oblastech získali studenti 11 % znalostí. Jednalo se o oblasti týkající se zatmění Slunce, slunečního cyklu a magnetického pole Slunce. Nejméně znalostí získali studenti z oblasti týkající se chromosféry, kde se dostali až pod desetiprocentní hranici.

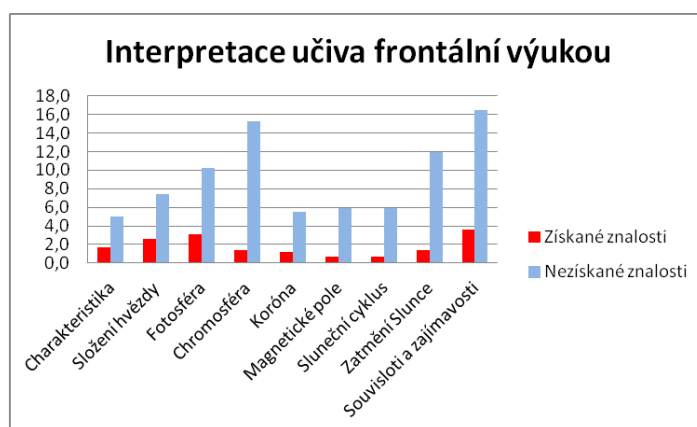
Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při frontální výuce bez použití prezentace při výkladu Slunce. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 16 % a nezískané znalosti tvoří 84 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. U první skupiny ve všech oblastech výrazně převažují nezískané znalosti nad znalostmi získanými.



Druhá skupina studentů čtyřletého gymnázia, která má 14 členů, se zúčastnila vyučovací hodiny na téma Slunce. Během výkladu byla použita PowerPointová prezentace. Ve skupině chyběli dva studenti. Při vyhodnocování byla použita stejná pravidla i vzorce jako u první skupiny. V tabulce č. 19 je počet získaných bodů od každého studenta, který se zúčastnil testování. Poslední sloupec tabulky udává počet získaných bodů v jednotlivých oblastech a poslední řádek udává celkový počet bodů, které získal každý student.

Tabulka č. 19: Počet bodů u testovaných studentů

Oblast znalostí	Skupina 2 – výuka s pomocí prezentace											Součet bodů v jednotlivých oblastech $x_i$	
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	2	0	2	2	2	2	0	1	0	1	0	1	13
<b>SLOŽENÍ HVĚZDY</b>	1	0	0	0	2	2	2	3	2	1	3	1	17
<b>FOTOSFÉRA</b>	1	0	2	3	3	4	4	4	4	2	3	1	31
<b>CHROMOSFÉRA</b>	0	3	2	2	2	0	3	5	2	2	2	0	23
<b>KORÓNA</b>	0	0	2	1	1	2	1	1	2	0	2	1	13
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	0	1	0	2	1	1	2	1	0	0	1	2	11
<b>SLUNEČNÍ CYKLUS</b>	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	2	0	8
<b>ZATMĚNÍ SLUNCE</b>	0	1	1	2	0	3	3	2	1	0	0	1	14
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	1	2	2	4	2	2	2	3	3	3	2	1	27
<b>Součet bodů u studentů</b>	5	7	13	17	13	17	17	20	14	11	15	8	

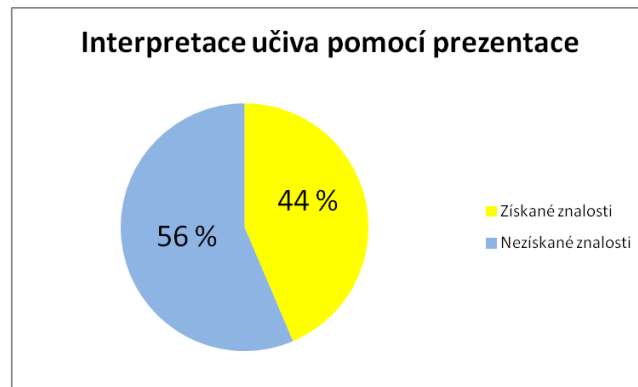
Tabulka č. 20 udává počet bodů, který získali studenti v jednotlivých oblastech, a maximální možný počet bodů, který v jednotlivých oblastech mohli získat. Dále udává procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech. Při vyhodnocování jsem použila stejné postupy a vzorce jako u všech dosud ověřovaných účinností.

Tabulka č. 20: Procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí

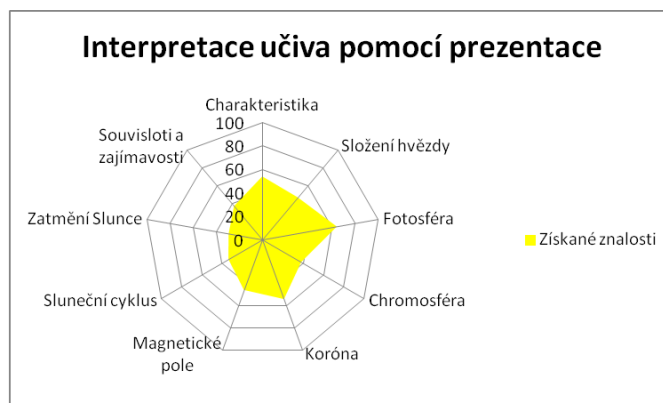
Oblast znalostí	$x_i$	$X_{max}$	$P_{z_i}$	$P_{n_i}$	$Z_{c_i}$	$N_{c_i}$
<b>CHARAKTERISTIKA</b>	13	24	54	46	3,6	3,1
<b>SLOŽENÍ HVĚZDY</b>	17	36	47	53	4,7	5,3
<b>FOTOSFÉRA</b>	31	48	65	35	8,6	4,7
<b>CHROMOSFÉRA</b>	23	60	38	62	6,4	10,3
<b>KORÓNA</b>	13	24	54	46	3,6	3,1
<b>MAGNETICKÉ POLE</b>	11	24	46	54	3,1	3,6
<b>SLUNEČNÍ CYKLUS</b>	8	24	33	67	2,2	4,4
<b>ZATMĚNÍ SLUNCE</b>	14	48	29	71	3,9	9,4
<b>SOUVISLOSTI A ZAJÍMAVOSTI</b>	27	72	38	62	7,5	12,5
$\sum_1^z x_i$	157		$\sum_1^z Z_{c_i}$	43,6		
$N = \sum_1^z X_{max}$		360	$\sum_1^z N_{c_i}$	56,4		

Nejvíce znalostí získali studenti z oblasti týkající se fotosféry, která je asi studentům nejbližší, protože se jedná o vrstvu, která se dá bez větších problémů pozorovat. Úspěšnost získaných znalostí je 65 %. Stejné množství znalostí získali studenti v oblasti týkající se charakteristik a koróny. V obou oblastech byla úspěšnost osvojení si znalostí 54%. Další v pořadí je složení hvězdy. Zde si studenti osvojili jen 47 % znalostí. O procento méně znalostí měli studenti v oblasti týkající se magnetického pole Slunce. Další dvě oblasti se stejnou procentuální úspěšností jsou chromosféra a souvislosti a zajímavosti. V obou oblastech si studenti zapamatovali 38 % znalostí. Znalosti o slunečním cyklu byly 33%. Na posledním místě se umístila oblast týkající se zatmění Slunce, kde úspěšnost byla jen 29 %.

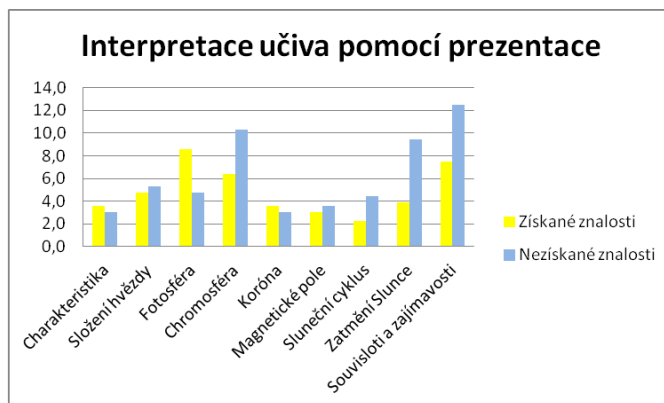
Koláčový graf vyjadřuje získané a nezískané znalosti při výuce s použitím prezentace při výkladu Slunce. Z grafu je patrné, že získané znalosti tvoří 44 % a nezískané znalosti tvoří 56 %.



Paprskový graf znázorňuje procentuální množství získaných znalostí v jednotlivých oblastech od charakteristiky po souvislosti a zajímavosti.



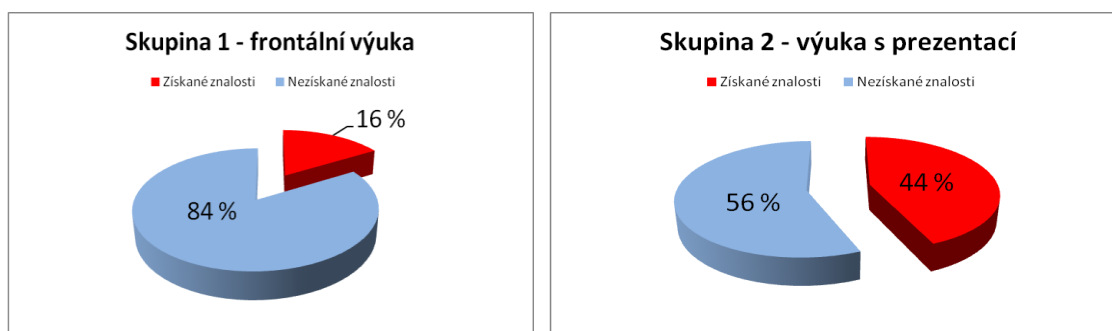
Sloupcový graf, který znázorňuje procentuální vyjádření získaných a nezískaných znalostí vzhledem k celkovému množství informací, znázorňuje, v jakých oblastech studenti získali nejvíce znalostí a zároveň i kolik znalostí nezískali. Studenti druhé skupiny získali ve třech oblastech více než 50 % znalostí. Jedná se o oblasti týkající se fotosféry, charakteristiky a koróny. V dalších dvou oblastech získali studenti téměř polovinu znalostí. Tyto oblasti se týkají znalostí o složení hvězdy a jejím magnetickém poli. Největší rozdíl mezi získanými a nezískanými znalostmi jsou v oblasti týkající se zatmění Slunce.



Koláčové diagramy obou skupin

Skupina 1 – frontální výuka bez použití prezentace

Skupina 2 – výuka s použitím prezentace.



Vyhodnocení jednoznačně ukázalo, že první skupina, tedy studenti víceletého gymnázia, měli výrazně méně znalostí než druhá skupina (studenti čtyřletého studia). U první skupiny nebyla při výkladu použita prezentace, což se projevilo na znalostech studentů. U druhé skupiny byla při výkladu prezentace použita a množství získaných znalostí se zvýšilo o 28 %.

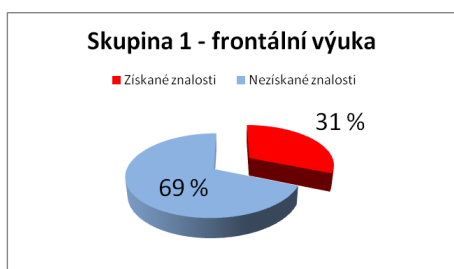
## 21 Souhrnné shrnutí

Při celkovém hodnocení jsem vyšla z koláčových grafů, které vyjadřují, jaké množství poznatků získala skupina 1 a skupina 2 u jednotlivých těles sluneční soustavy, a to buď při frontální výuce bez použití prezentace, nebo při výkladu s použitím prezentace. Z výsledků hodnocení i z grafů je patrné, že je rozdíl v získaných i nezískaných znalostí, pokud byla při vyučovací hodině použita PowerPointová prezentace, nebo byla hodina odučena frontální metodou výuky. Pokud byla ve vyučovací hodině použita prezentace,

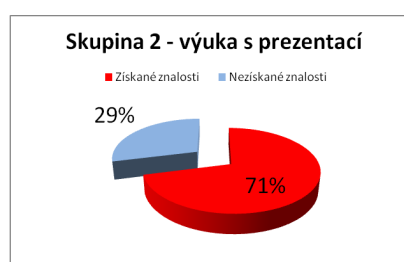


ve všech případech se množství znalostí zvýšilo. Pro různá tělesa sluneční soustavy bylo procentuální zvýšení znalostí různé.

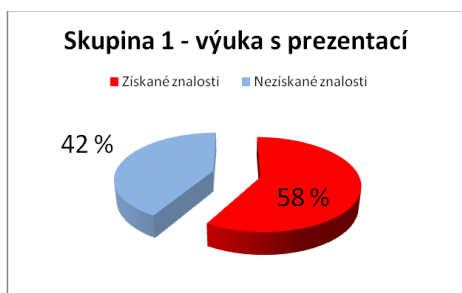
### Planeta Merkur



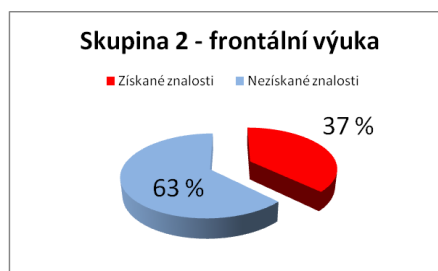
### Planeta Merkur



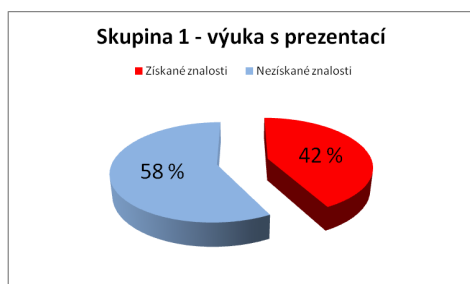
### Planeta Venuše



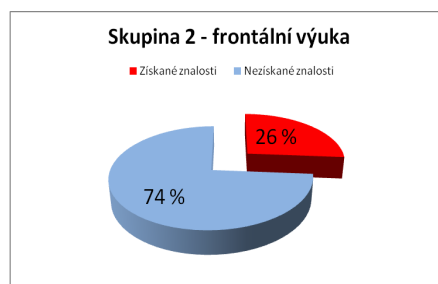
### Planeta Venuše



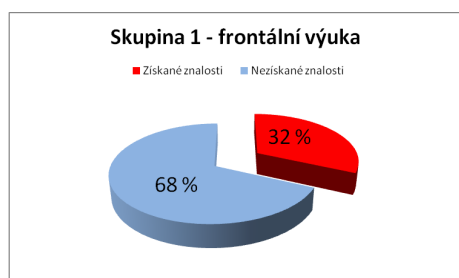
### Planeta Neptun



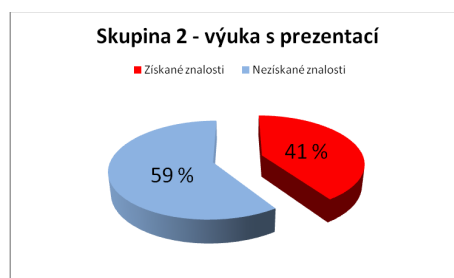
### Planeta Neptun



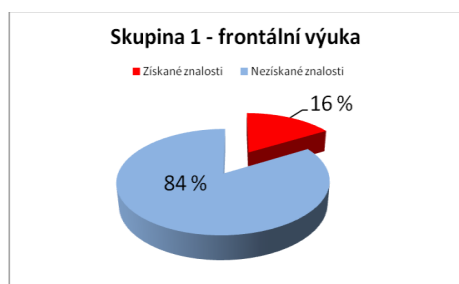
### Planeta Saturn



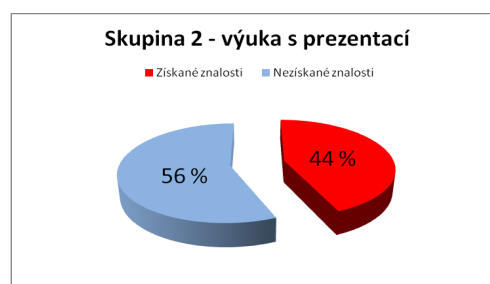
### Planeta Saturn



### Slunce



### Slunce



Z grafů je zřejmé, že výrazné navýšení získaných znalostí se projevilo u obou skupin, pokud se jednalo o těleso typu terestrické planety, tedy Venuše a Merkuru, a během výkladu byla použita prezentace. Větší množství znalostí získala skupina studentů čtyřletého studia, tedy druhá skupina.

Více znalostí získali studenti, pokud byla při výkladu opět použita prezentace. Situace z pohledu skupin se ale obrátila, pokud se výklad týkal obřích planet, tedy Neptunu a Saturnu. Skupina studentů víceletého gymnázia získala více znalostí než skupina čtyřletého studia. Poslední oblast se týkala naší centrální hvězdy, tedy tělesa, které se výrazně liší od ostatních planet sluneční soustavy. Pokud byla při výkladu použita prezentace, množství znalostí se opět výrazně zvýšilo. Jednalo se o skupinu studentů čtyřletého studia, tedy o druhou skupinu.

Z vyhodnocení vybraných zkoumaných těles vyplývá, že použití prezentace ve vyučovací hodině zvyšuje množství získaných znalostí a souvislostí. Vždy záleží na daném tématu a na skupině studentů, kteří se hodiny zúčastní.

Dalším faktorem, který se musí zohlednit, jsou dřívější získané znalosti u některých studentů a všednost používání prezentací, a to nejen ve fyzice, ale i v ostatních předmětech. Tyto faktory samozřejmě snižují účinnost použití prezentací u všech zkoumaných těles. Poslední faktor, o kterém se musím zmínit, je fyzický a psychický stav jednotlivce, který může například v případě nemoci výrazně ovlivnit množství znalostí, které je schopen jedinec získat během vyučovacího procesu.

## 22 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvoření PowerPointových prezentací astronomických poznatků a ověření jejich účinnosti ve výuce fyziky na gymnáziu Blovice. Dílčí úkoly byly prostudování ŠVP gymnázia Blovice, vytvoření PowerPointových prezentací týkajících se sluneční soustavy, vytvoření metodiky ověřování účinnosti prezentací ve vzdělávacím procesu. Dalšími úkoly bylo vytvoření postupu zpracování získaných informací od studentů, kteří se zúčastnili ověřování účinnosti prezentací, a jejich vyhodnocení. Ověřování probíhalo v průběhu dvou let na seminářích matematiky a fyziky ve čtvrtém ročníku nebo v oktávě. Ověřování se během dvou let zúčastnilo celkem 34 studentů. Skupina studentů víceletého studia byla 20členná a skupina studentů čtyřletého studia 14členná. V rámci semináře bylo celkem odučeno 32 vyučovacích hodin. Ověření účinnosti proběhlo jen u témat: Merkur, Venuše, Saturn, Neptun a Slunce. Ověření účinnosti u všech témat nebylo možné s ohledem na časovou dotaci.

Jsem přesvědčena, že cíl diplomové práce byl splněn. Vytvořila jsem dvanáct prezentací, které se týkají sluneční soustavy. Všechny prezentace dohromady mají 516 snímků. K vytvoření podkladů pro tvorbu prezentací jsem použila 190 většinou zahraničních zdrojů. K vyhodnocení ověření účinnosti jsem zpracovala 146 studentských ohlasů. Vypracovala jsem podrobnou metodiku vyhodnocování studentských prací. Při hodnocení jsem vytvořila 20 přehledných tabulek, které udávají počet bodů získaných v jednotlivých oblastech zkoumaných znalostí u studentů, maximální možný počet bodů v dané oblasti a dále udávají procentuální vyjádření množství získaných a nezískaných znalostí v jednotlivých oblastech. Pro přehlednost jsem vytvořila 40 grafů.

Výsledkem zkoumání účinnosti prezentací bylo, že ve všech případech bylo získané množství poznatků při použití prezentace vyšší než bez použití prezentace. Pokud se jednalo o tělesa typu terestrické planety, tedy Venuše a Merkuru, a během výkladu byla použita prezentace, získali studenti větší množství znalostí. Výrazný rozdíl byl i mezi skupinami. Skupina studentů čtyřletého studia získala při použití prezentace o 40 % více znalostí než, v případě že byla výuka vedena frontální metodou. U skupiny studentů víceletého studia byla situace při použití prezentace ve vyučovacím procesu stejná, pouze množství získaných znalostí bylo v menší míře. U této skupiny došlo ke zvýšení jen o 21 %.

V případě plyných planet, tedy Saturnu a Neptunu, pokud byla při výkladu použita prezentace, se množství získaných znalostí opět zvýšilo. Situace z pohledu skupin se ale

obrátila. Studenti víceletého gymnázia získali více znalostí, při výkladu planety Neptun s použitím prezentace. Množství znalostí se zde navýšilo o 16 %. Skupina studentů čtyřletého studia při výkladu planety Saturnu pomocí prezentace získala jen o 9 % znalostí více. Centrální hvězda, Slunce byla posledním tělesem, kde jsem zjišťovala účinnost prezentací ve výuce. Pokud byla při výkladu použita prezentace, množství znalostí se výrazně zvýšilo. Jednalo se o skupinu studentů čtyřletého studia, kde množství znalostí vzrostlo o 28 %.

Z vyhodnocení vybraných zkoumaných témat vyplývá, že použití prezentace ve vyučovací hodině zvyšuje množství získaných znalostí a souvislostí. Vždy záleží na daném tématu a na skupině studentů, kteří se hodiny zúčastní.

Dalším faktorem, který se musí zohlednit, jsou dříve získané znalosti u některých studentů a všednost používání prezentací, a to nejen ve fyzice, ale i v ostatních předmětech. Tyto faktory samozřejmě snižují účinnost použití prezentací u všech zkoumaných témat. Poslední faktor, o kterém se musím zmínit, je fyzický a psychický stav jednotlivce, který může v případě např. nemoci výrazně ovlivnit množství znalostí, které je schopen jedinec získat během vyučovacího procesu.

V budoucnu by se mohla ověřit účinnost u zbylých témat. Také by bylo lepší zkoumat účinnost prezentací na větším vzorku studentů během několika let. Bylo by zajímavé výsledky srovnat se studenty kvarty, kteří mají také astronomii v rámci ŠVP. Pokud bych měla učinit jednoznačný závěr, že prezentace zvyšují množství získaných znalostí, musela bych účinnost ověřovat i na jiných tématech, než je sluneční soustava nebo vesmír. Můj názor je, že by se musela zpracovat témata týkající mechaniky, optiky, zvuku, elektřiny, magnetismu a mikrosvěta, ale i speciální teorie relativity, tedy všechna hlavní témata fyziky, která jsou na střední škole zařazena do ŠVP. Další možností by bylo srovnat výsledky účinnosti i v jiných předmětech, než je fyzika. Zajímavé by také bylo porovnat účinnost nejen z hlediska frontální výuky, ale i z hlediska například kooperativního nebo projektového vyučování. Tato vize přesahuje nejen rámec méj diplomové práce, ale také rámec jedné školy. Ověřování by muselo probíhat na více školách s různými rámcovými vzdělávacími plány v průběhu několik let a musela by být zvýšena časová dotace na daný vyučovací předmět, z důvodu prací studentů, které by museli vždy vypracovat po ukončení výuky.

## 23 Anotace

V diplomové práci na téma PowerPointové prezentace astronomických poznatků a ověření jejich účinnosti ve výuce fyziky na gymnáziu byly vytvořeny PowerPointové prezentace týkající se Sluneční soustavy a byla ověřena jejich účinnost ve výuce fyziky na gymnáziu Blovice. Diplomová práce obsahuje ŠVP gymnázia Blovice, teoretické podklady pro tvorbu prezentací a obsah učiva pro frontální výuku, se kterou byla účinnost používání prezentací porovnávána. Další součástí jsou PowerPointové prezentace týkající se Sluneční soustavy, které byly použity při ověřování účinnosti. Práce obsahuje metodiku hodnocení jednotlivých zkoumaných oblastí u jednotlivých testovaných těles Sluneční soustavy a jejich vyhodnocení. Vyhodnocení je doplněno pro názornost tabulkami a grafy. Dále jsou přiloženy některé práce studentů, které byly vyhodnocovány.

## 24 Summary

PowerPoint presentations of astronomical findings and verification efficacy of the presentations in lessons of secondary school physics are theme of this university thesis. The created PowerPoint presentations are related to solar system and efficacy of the presentations are verified in lessons of physics in secondary school in Blovice. School education scheme of this secondary school, theoretical resources for creation the presentations and content of schoolwork for frontal teaching are included in the university thesis. Efficacy of the presentations is compared with the frontal teaching. The thesis contains PowerPoint presentations about solar system, whose are used for verification of efficacy of teaching, methods for testing heavenly bodies of solar system and those evaluation. The evaluation contains clear tables and graphs. Some evaluated works of students are showed in the thesis too.

## 25 Literatura

1. Rozhodnutí IAU: Definice planety sluneční soustavy - <<http://www.astro.cz/clanek/2514>>
2. Stern A.; Colwell E. J, (1997) *The Astrophysical Journal* 490(2): 879–882.
3. Grygar J., Ondřích D.: Letošní pohled na vesmír vloni. *Astropis* 3/2011 str. 6 –11
4. Grygar J., Ondřích D.: Letošní pohled na vesmír vloni. *Astropis* 4/2009 str. 6 –11
5. Kleczek J.: *Velká encyklopedie vesmíru*. Academia, Praha 2002
6. Spudis P.D.,(2001). "The Geological History of Mercury". Workshop on Mercury: Space Environment, Surface, and Interior, Chicago: 100.
7. Hunten D.M., Shemansky D.E, Morgan T.H, (1988). "The Mercury atmosphere". Mercury. University of Arizona
8. Lakdawalla E. (July 3, 2008). "MESSENGER Scientists 'Astonished' to Find Water in Mercury's Thin Atmosphere"
9. MESSENGER Finds New Evidence for Water Ice at Mercury's Poles - <[http://www.nasa.gov/mission\\_pages/messenger/media/PressConf20121129.html#Uy8P\\_PI5OSo](http://www.nasa.gov/mission_pages/messenger/media/PressConf20121129.html#Uy8P_PI5OSo)>
10. Přejechy (tranzity) planet přes Slunce <<http://www.astro.cz/rady/ukazy/zatmeni/tranzity/>>
11. Munsell, Kirk; Smith, Harman; Harvey, Samantha (May 28, 2009). "Mercury: Facts & Figures". Solar System Exploration. NASA. Retrieved 2008-04-07.
12. Vasavada A.R., Paige D.A., Stephen E. (19 February 1999). "Near-Surface Temperatures on Mercury and the Moon and the Stability of Polar Ice Deposits". *Icarus* 141 (2): 179–193. Bibcode:1999Icar..141..179V.doi:10.1006/icar.1999.6175. Figure 3 with the "TWO model"; Figure 5 for pole.
13. "Space Topics: Compare the Planets: Mercury, Venus, Earth, The Moon, and Mars". Planetary Society. Retrieved 2007-04-12
14. Vinogradov A.P. et. al. The chemical composition of the Venus atmosphere based on the data of the interplanetary station Venera 4, *Journal of Atmospheric Science*, Vol. 25, (1968) pp. 535 – 536
15. Vyskočil J.: Venušín závoj, *Astropis speciál* 2012, str 42 – 43
16. Jakosky B.M., "Atmospheres of the Terrestrial Planets", in Beatty, Petersen and Chaikin (eds.), *The New Solar System*, 4th edition 1999, Sky Publishing Company (Boston) and Cambridge University Press (Cambridge), pp. 175–200
17. Pauer M.: Venuše: setkání po letech, *Astropis speciál* 2012, str 50 – 55
18. Venuše <[http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005\\_43\\_ven.php](http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_43_ven.php)>
19. Mašata R.: Záhadná tajemství venušina povrchu, *Astropis speciál* 2012, str 34 – 35
20. Laifr V.: Jména na Venuši *Astropis speciál* 2012, str. 27
21. Williams D. R. (15 April 2005). "Venus Fact Sheet". NASA. Retrieved 2007-10-12.
22. Rossow W. B.; Genio A. D.; Eichler T., (1990). "Cloud-tracked winds from Pioneer Venus OC PP images"
23. Definice astronomické jednotky změněna <<http://www.astro.cz/clanek/5386>> (PDF). *Journal of the Atmospheric Sciences* 47 (17): 2053–2084.
24. Standish, Myles E.; Williams J.C, "Orbital Ephemerides of the Sun, Moon, and Planets" (PDF). International Astronomical Union Commission 4: (Ephemerides). Retrieved 2010-04-03. See table 8.10.2. Calculation based upon 1 AU = 149,597,870,700(3) m
25. "Selected Astronomical Constants, 2011". *The Astronomical Almanac*. Retrieved 2011-02-25
26. National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) – Earth System Research Laboratory (ESRL), Trends in Carbon Dioxide.
27. Yoder Ch. F., (1995). Ahrens T. J., ed. *Global Earth Physics: A Handbook of Physical Constants*. Washington: American Geophysical Union. p. 8
28. "World: Lowest Temperature". WMO Weather and Climate Extremes Archive. Arizona State University.
29. Stern D. P., (2005-07-08). "Exploration of the Earth's Magnetosphere". NASA.
30. NOAA – Ocean". [Noaa.gov](http://noaa.gov).
31. Pauer P.: Fyzika Měsíce, *Astropis* 3/2011 str.30–35
32. Gabzdyl P.: Rub a líc měsíční mince, *Astropis* 3/2009 str. 12–12
33. Williams Dr. D. R., (2 February 2006). "Moon Fact Sheet". NASA (National Space Science Data Center). Retrieved 31 December 2008.
34. Lang, Kenneth R. (2011); *The Cambridge Guide to the Solar System*, 2nd ed., Cambridge University Press
35. Gabzdyl P.: Všechny barvy Měsíce, *Astropis* 3/2007 str.46–48

36. Wieczorek M., et al. (2006). "The constitution and structure of the lunar interior". *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 60 (1): 221–364. doi:10.2138/rmg.2006.60.3
37. Espenak F.; Meeus J., (2007-02-07). "Secular acceleration of the Moon". NASA
38. "Diviner News". UCLA. 17 September 2009. Retrieved 17 March 2010
39. Touma J.; Wisdom J., (1994). "Evolution of the Earth-Moon system". *The Astronomical Journal* 108 (5): 1943–1961
40. Yeomans D. K., (2006-07-13). "HORIZONS Web-Interface for Mars (Major Body=499)". JPL Horizons On-Line Ephemeris System. Retrieved 2007-08-08.—Select "Ephemeris Type: Orbital Elements", "Time Span: 2000-01-01 12:00 to 2000-01-02". ("Target Body: Mars" and "Center: Sun" should be defaulted to.) Results are instantaneous osculating values at the precise J2000 epoch.
41. "The MeanPlane (Invariable plane) of the Solar System passing through the barycenter". 2009-04-03
42. Seidelmann P. K.; Archinal B. A.; A'hearn M. F., et al. (2007). "Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 98 (3): 155–180.
43. Lodders K.; Fegley B., (1998). *The planetary scientist's companion*. Oxford University Press US. p. 190
44. Pauer M.: *Fyzika Marsu*, *Astropis* 2/2007 str. 18–23
45. Williams D. R., (September 1, 2004). "Mars Fact Sheet". National Space Science Data Center. NASA.
46. What is the typical temperature on Mars? *Astronomycafe.net*.
47. Mars Exploration Rover Mission: Spotlight. *Marsrover.nasa.gov* (2007-06-12)
48. Krasnopolsky V. A.; Feldman P. D., (2001). "Detection of Molecular Hydrogen in the Atmosphere of Mars". *Science* 294 (5548): 1914–1917.
49. Formisano V., Atreya S., Encrenaz T., Ignatiev N., Giuranna M., (2004). "Detection of Methane in the Atmosphere of Mars". *Science* 306 (5702): 1758–1761
50. Jacqué D., (September 26, 2003). "APS X-rays reveal secrets of Mars' core". Argonne National Laboratory.
51. Rivoldini A., et al. (June 2011). "Geodesy constraints on the interior structure and composition of Mars". *Icarus* 213(2): 451–472.
52. Pauer M.: *Phoenix:marsovské znovuzrození*. *Astropis* 4/2008 str. 20–23
53. Wolpert, Stuart (2012-08-09). "UCLA scientist discovers plate tectonics on Mars"
54. Mašata R.: *Její veličenstvo*, *Olympus Mons*. *Astropis* 1/2011 str.26–27
55. Schultz R.A., Frey V.H., (1990) "Nový průzkum multi-ring impaktní pánve na Marsu". *Journal of Geophysical Research* 95
56. "Mars: Moons: Phobos". NASA Solar System Exploration. 30 September 2003. Retrieved 2 December 2013
57. "HORIZONS Web-Interface". NASA. 21 September 2013. Retrieved 4 December 2013.
58. Vyskočil J.: *Vnitřní lékařství plynných obrů* *Astropis* 3/ 2007
59. Yeomans D. K., (July 13, 2006). "HORIZONS Web-Interface for Jupiter Barycenter (Major Body=5)". JPL Horizons On-Line Ephemeris System. Retrieved August 8, 2007. – Select "Ephemeris Type: Orbital Elements", "Time Span: January 1, 2000 12:00 to 2000-01-02". ("Target Body: Jupiter Barycenter" and "Center: Sun" should be defaulted to.
60. Williams Dr. D. R., (November 16, 2004). "Jupiter Fact Sheet". NASA. Retrieved August 8, 2007
61. Anonymous (March 1983). "Probe Nephelometer". *Galileo Messenger* (NASA/JPL) (6). Retrieved February 12, 2007.
62. Seidelmann, P. K.; Abalakin, V. K.; Bursa, M.; Davies, M. E.; de Burgh, C.; Lieske, J. H.; Oberst, J.; Simon, J. L.; Standish, E. M.; Stooke, P.; Thomas, P. C. (2001). "Report of the IAU/IAG Working Group on Cartographic Coordinates and Rotational Elements of the Planets and Satellites: 2000". HNSKY Planetarium Program. Retrieved February 2, 2007
63. *Astrodynamic Constants*". JPL Solar System Dynamics. February 27, 2009. Retrieved August 8, 2007
64. Elkins L. T. -Tanton, (2006). *Jupiter and Saturn*. New York: Chelsea House.
65. Seligman, Courtney. "Rotation Period and Day Length". Retrieved August 13, 2009
66. Seidelmann P. K. ; Archinal B. A.; A'hearn M. F., et al. (2007). "Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 98 (3): 155–180.
67. "Jupiter's New Red Spot". 2006. Retrieved March 9, 2006
68. Steigerwald B. (October 14, 2006). "Jupiter's Little Red Spot Growing Stronger". NASA. Retrieved February 2, 2007
69. Goudarzi S. (May 4, 2006). "New storm on Jupiter hints at climate changes". *USA Today*. Retrieved February 2, 2007.



70. Kulhánek P.: Magnetická pole ve Sluneční soustavě III – Obří planety. *Astropis* 2/2007 str.12–16
71. "Ganymede". [nineplanets.org](http://nineplanets.org). October 31, 1997. Retrieved 2008-02-27
72. Showman A. P., Malhotra R., (1999). "The Galilean Satellites" (PDF). *Science* 286 (5437): 77–84
73. "Classic Satellites of the Solar System". Observatorio ARVAL. Retrieved 2007-07-13
74. Anderson J. D.; Jacobson R. A.; McElrath T. P.; et al. (2001). "Shape, mean radius, gravity field and interior structure of Callisto". *Icarus* 153 (1): 157–161.
75. Klemaszewski G. R.; Wagner, J. E.; et al.(2000). "Galileo views of the geology of Callisto". *Planetary and Space Science* 48 (9): 829–853.
76. Klemaszewski G. R., (2001) "Geologické důkazy o oceánu na Callisto" (PDF). *Lunar and Planetary Science XXXI*. p. 1818
77. Kargel J.S., Kaye J.Z., Head J. W., III, et al. (2000). "Europa's Crust and Ocean: Origin, Composition, and the Prospects for Life"
78. Kivelso M. G.; Khurana K. K; Russell Ch. T.; Volwerk M.; Walker R.J.; and Zimmer Ch., (2000). "Galileo Magnetometer Measurements: A Stronger Case for a Subsurface Ocean at Europa". *Science* 289 (5483)
79. Schenk P.M., Chapman C.R.; Zahnle K. and Moore J.M. (2004) "Chapter 18: Ages and Interiors: the Cratering Record of the Galilean Satellites", pp. 427 ff. in *Jupiter: The Planet, Satellites and Magnetosphere*, Cambridge University Press,
80. Thomas P. C.; et al. (1998). "The Shape of Io from Galileo Limb Measurements". *Icarus* 135 (1): 175–180
81. Rathbun J. A., Spencer J.R; Tamppari L.K., Martin T.Z; Barnard L., Travis L.D., (2004). "Mapping of Io's thermal radiation by the Galileo photopolarimeter-radiometer (PPR) instrument". *Icarus* 169 (1): 127–139
82. Lopes R. M. C. , et al. (2004). "Lava lakes on Io: Observations of Io's volcanic activity from Galileo NIMS during the 2001 fly-bys". *Icarus* 169 (1): 140–174.
83. Schenk P., et al. (2001). "The Mountains of Io: Global and Geological Perspectives from Voyager and Galileo". *Journal of Geophysical Research* 106 (E12): 33201–33222
84. Smith B. A., et al. (1979). "The Jupiter system through the eyes of Voyager 1". *Science* 204 (4396): 951–972.
85. Anderson J. D. et al. (2001). "Io's gravity field and interior structure". *J. Geophys. Res.* 106 (E12): 32963–32969.
86. Moore W. B. , et al. (2007). "The Interior of Io.". In R. M. C. Lopes and J. R. Spencer. *Io after Galileo*. Springer-Praxis. pp. 89–108.
87. Lellouch E.; et al. (2007). "Io's atmosphere". In Lopes, R. M. C.; and Spencer, J. R. *Io after Galileo*. Springer-Praxis. pp. 231–264
88. Seligman C.. "Rotation Period and Day Length". Archived from the original on 2011-08-10
89. Yeomans D.K., (2006-07-13). "HORIZONS Web-Interface for Saturn Barycenter (Major Body=6)". JPL Horizons On-Line Ephemeris System. Retrieved 2007-08-08. – Select "Ephemeris Type: Orbital Elements", "Time Span: 2000-01-01 12:00 to 2000-01-02".
90. Seidelmann P.K., Archinal B. A., A'hearn F.M., et al. (2007). "Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 98 (3): 155–180.
91. Saturn. *Universe Guide*. Retrieved 29 March 2009
92. Martinez C. (September 5, 2005). "Cassini Discovers Saturn's Dynamic Clouds Run Deep". NASA. Archived from the original on 2011-10-05.
93. Hamilton C. J. (1997). "Voyager Saturn Science Summary". *Solarviews*. Archived from the original on 2011-10-05.
94. "A Hurricane Over the South Pole of Saturn". NASA. NASA. November 13, 2006.
95. "Scientists Find That Saturn's Rotation Period is a Puzzle". NASA. June 28, 2004. Archived from the original on 2011-08-21.
96. Cain F., "Saturn." *Universe Today*. 30 June 2008. Retrieved 17 August 2011. Archived 5 October 2011 at WebCite
97. Poulet F.; Cuzzi J.N. (2002). "The Composition of Saturn's Rings". *Icarus* 160 (2): 350
98. Cowen R., (November 7, 2005). "Largest known planetary ring discovered". *Science News*. Archived from the original on 2011-10-05.
100. Kopecký V., Ledový svět Titanu. *Astropis* 2/2007 str.20-25
101. Kraken Mare". *Gazetteer of Planetary Nomenclature*. USGS Astrogeology Science Center.
102. Unless otherwise specified: "JPL HORIZONS solar system data and ephemeris computation service". *Solar System Dynamics*. NASA, Jet Propulsion Laboratory

103. Jacobson R.A., Antreasian P.G., Bordi J.J., Criddle K.E., Ionasescu R., Jones J.B., Mackenzie R.A., Meek M.C., Parcher D., Pelletier F.J., Owen W.M., Roth D.C., Roundhill I.M., Stauch J.R. (December 2006). "The Gravity Field of the Saturnian System from Satellite Observations and Spacecraft Tracking Data". *The Astronomical Journal* 132
104. Mitri G., Showman A.P., Lunine J.I., Ralph D., (2007). "Hydrocarbon Lakes on Titan". *Icarus* 186 (2): 385–39
105. Niemann H. B.; Bauer S. J., Carignan G. R., Demick J. E.; Frost R. L. , Gautier D., Haberman J.A., et al. (2005). "The abundances of constituents of Titan's atmosphere from the GCMS instrument on the Huygens probe". *Nature* 438(7069): 779–784
106. Roatsch T., Jaumann R., Stephan K., Thomas P.C. (2009). "Cartographic Mapping of the Icy Satellites Using ISS and VIMS Data". *Saturn from Cassini-Huygens*. pp. 763–781.
107. Observatorio ARVAL (April 15, 2007). "Classic Satellites of the Solar System". Observatorio ARVAL
108. Iapetus: Turgis". *Gazetteer of Planetary Nomenclature*. USGS Astrogeology.
109. BBC News - Saturn moon Iapetus' huge landslides stir intrigue". BBC Online.
110. Jia-Rui Cook (May 29, 2013). "Cassini Finds Hints of Activity at Saturn Moon Dione". NASA. Retrieved October 1, 2013.
111. Verbiscer A., French R., Showalter M., Helfenstein P., (9 February 2007). "Enceladus: Cosmic Graffiti Artist Caught in the Act". *Science* 315
112. Hansen C.J. , et al. (2006). "Enceladus' Water Vapor Plume". *Science* 311 (5766): 1422–5
113. Young K. (2005-02-11). "Saturn's moon is Death Star's twin". *New Scientist*. Retrieved 2008-08-21. "Saturn's diminutive moon, Mimas, poses as the Death Star – the planet-destroying space station from the movie Star Wars – in an image recently captured by NASA's Cassini spacecraft
114. Yeomans, Donald K. "HORIZONS Web-Interface for Uranus Barycenter (Major Body=7)". JPL Horizons On-Line Ephemeris System. Retrieved August 8, 2007. — Select "Ephemeris Type: Orbital Elements", "Time Span: 2000-01-01 12:00 to 2000-01-02". ("Target Body: Uranus Barycenter" and "Center: Sun (body center)" should be defaulted to.)
115. Seidelmann, P. Kenneth; Archinal, B. A.; A'hearn, M. F. et al. (2007). "Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 98(3): 155–180.
116. Williams, Dr. David R. (January 31, 2005). "Uranus Fact Sheet". NASA. Retrieved August 10, 2007.
117. Lunine, Jonathan I. (September 1993). "The Atmospheres of Uranus and Neptune". *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 31: 217–263
118. Podolak, M.; Podolak, J. I.; Marley, M. S. (February 2000). "Further investigations of random models of Uranus and Neptune". *Planetary and Space Science* 48 (2–3): 143–151
119. Faure, Gunter; Mensing, Teresa (2007). Uranus: What Happened Here?. In Faure, Gunter; Mensing, Teresa M. "Introduction to Planetary Science". *Introduction to Planetary Science*. Springer Netherlands. p. 369
120. Ness, Norman F.; Acuña, Mario H.; Behannon, Kenneth W.; Burlaga, Leonard F.; Connerney, John E. P.; Lepping, Ronald P.; Neubauer, Fritz M. (July 1986). "Magnetic Fields at Uranus". *Science* 233 (4759): 85–8
121. Gierasch, Peter J. and Nicholson, Philip D. (2004). "Uranus". *NASA World Book*. Retrieved June 9, 2007
122. Podolak, M.; Weizman, A.; Marley, M. (December 1995). "Comparative models of Uranus and Neptune". *Planetary and Space Science* 43 (12): 1517–1522.
123. Ness, Norman F.; Acuña, Mario H.; Behannon, Kenneth W.; Burlaga, Leonard F.; Connerney, John E. P.; Lepping, Ronald P.; Neubauer, Fritz M. (July 1986). "Magnetic Fields at Uranus". *Science* 233 (4759): 85–89
124. Gierasch, Peter J. and Nicholson, Philip D. (2004). "Uranus". *NASA World Book*. Retrieved June 9, 2007.
125. Thomas, P. C. (1988). "Radii, shapes, and topography of the satellites of Uranus from limb coordinates". *Icarus* 73(3): 427–441
126. Jacobson, R. A.; Campbell, J. K.; Taylor, A. H.; Synnott, S. P. (June 1992). "The masses of Uranus and its major satellites from Voyager tracking data and earth-based Uranian satellite data". *The Astronomical Journal* 103 (6): 2068–2078
127. Munsell, K.; Smith, H.; Harvey, S. (13 November 2007). "Neptune: Facts & Figures". NASA. Retrieved 14 August 2007
128. Yeomans, Donald K. "HORIZONS Web-Interface for Neptune Barycenter (Major Body=8)". JPL Horizons On-Line Ephemeris System. Retrieved 8 August 2007. — Select "Ephemeris Type: Orbital

- Elements", "Time Span: 2000-01-01 12:00 to 2000-01-02". ("Target Body: Neptune Barycenter" and "Center: Sun (body center)" should be defaulted to.
129. Williams, David R. (1 September 2004). "Neptune Fact Sheet". NASA. Retrieved 14 August 2007.
  130. Seidelmann, P. Kenneth; Archinal, B. A.; A'hearn, M. F. et al. (2007). "Report of the IAU/IAG Working Group on cartographic coordinates and rotational elements: 2006". *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 98 (3): 155–180.
  131. Suomi, V. E.; Limaye, S. S.; Johnson, D. R. (1991). "High Winds of Neptune: A possible mechanism". *Science* 251 (4996): 929–932.
  132. Hubbard, W. B. (1997). "Neptune's Deep Chemistry". *Science* 275 (5304): 1279–1280.
  133. Nettelmann, N.; French, M.; Holst, B.; Redmer, R. "Interior Models of Jupiter, Saturn and Neptune" (PDF). University of Rostock. Retrieved 25 February 2008
  134. Broadfoot, A.L.; Atreya, S.K.; Bertaux, J.L. et al. (1999). "Ultraviolet Spectrometer Observations of Neptune and Triton" (PDF). *Science* 246 (4936): 1459–1456.
  135. "Class 12 – Giant Planets – Heat and Formation". 3750 – Planets, Moons & Rings. Colorado University, Boulder. 2004. Retrieved 13 March 2008
  136. "Planetary Satellite Physical Parameters". JPL (Solar System Dynamics). Archived from the original on 2010-01-18.
  137. McKinnon, William B.; Kirk, Randolph L. (2007). "Triton". In Lucy Ann Adams McFadden, Lucy-Ann Adams, Paul Robert Weissman, Torrence V. Johnson. *Encyclopedia of the Solar System* (2nd ed.). Amsterdam; Boston: Academic Press. pp. 483–502
  138. Smith, B. A.; Soderblom, L. A.; Banfield, D.; Barnet, C.; Basilevsky, A. T.; Beebe, R. F.; Bollinger, K.; Boyce, J. M.; Brahic, A. (1989). "Voyager 2 at Neptune: Imaging Science Results". *Science* 246 (4936): 1422–1449.
  139. Stooke, Philip J. (1994). "The surfaces of Larissa and Proteus". *Earth, Moon, and Planets* 65 (1): 31–54
  140. Thomas, P. C.; Parker, J. Wm.; McFadden, L. A.; et al. (2005). "Differentiation of the asteroid Ceres as revealed by its shape". *Nature* 437 (7056): 224–226.
  141. Williams, David R. (2004). Asteroid Fact Sheet. Archived from the original on 18 January 2010.
  142. D. R. Williams (September 7, 2006). "Pluto Fact Sheet". NASA. Retrieved 2007-03-24
  143. Horizon Online Ephemeris System for Pluto Barycenter". JPL Horizons On-Line Ephemeris System @ Solar System Dynamics Group. Retrieved 2011-01-16.
  144. Williams, J G. "Keplerian Elements for Approximate Positions of the Major Planets". Retrieved 2011-01-12
  145. Lellouch, E.; C. de Bergh; B. Sicardy; F. Forget; M. Vangvichith; H.-U. Käufel (13 Mar 2014). "Exploring the spatial, temporal, and vertical distribution of methane in Pluto's atmosphere" (PDF). *Icarus*. Retrieved 2014-03-29
  146. Buie, Marc W.; Grundy, William M.; Young, Eliot F.; Young, Leslie A.; Stern, S. Alan (2006). "Orbits and Photometry of Pluto's Satellites: Charon, S/2005 P1, and S/2005 P2". *The Astronomical Journal* 132 (1): 290
  147. Ian Ridpath (December 1978). "Pluto—Planet or Imposter?". *Astronomy*: 6–11.
  148. Hussmann, H.; Sohl, Frank; Spohn, Tilman (November 2006). "Subsurface oceans and deep interiors of medium-sized outer planet satellites and large trans-neptunian objects". *Icarus* 185 (1): 258–273
  149. "Pluto". SolStation. 2006. Retrieved 2007-03-28
  150. R. R. Britt (2003). "Puzzling Seasons and Signs of Wind Found on Pluto". Space.com. Retrieved 2007-03-26
  151. Lakdawalla, E. (2011-07-20). "A fourth moon for Pluto". Planetary Society weblog. The Planetary Society. Retrieved 2011-07-20.
  152. Jet Propulsion Laboratory Small-Body Database Browser: 136108 Haumea (2003 EL<sub>61</sub>). NASA's Jet Propulsion Laboratory. 2008-05-10 last obs. Retrieved 2008-06-11.
  153. D. L. Rabinowitz, et al.; Barkume, Kristina; Brown, Michael E.; Roe, Henry; Schwartz, Michael; Tourtellotte, Suzanne; Trujillo, Chad (2006). "Photometric Observations Constraining the Size, Shape, and Albedo of 2003 EL<sub>61</sub>, a Rapidly Rotating, Pluto-Sized Object in the Kuiper Belt". *Astrophysical Journal* 639 (2): 1238–1251
  154. P. Lacerda, D. Jewitt and N. Peixinho (2008). "High-Precision Photometry of Extreme KBO 2003 EL<sub>61</sub>". *Astronomical Journal* 135 (5): 1749–1756.
  155. Marc W. Buie (2008-04-05). "Orbit Fit and Astrometric record for 136472". SwRI (Space Science Department). Retrieved 2008-07-13.

156. "JPL Small-Body Database Browser: 136472 (2005 FY<sub>9</sub>)". NASA Jet Propulsion Laboratory. 2010-01-26 last obs. Retrieved 2008-06-11
157. M.E. Brown, 2013, "On the size, shape, and density of dwarf planet Makemake"
158. Ortiz, J. L.; Sicardy, B.; Braga-Ribas, F.; Alvarez-Candal, A.; Lellouch, E.; Duffard, R.; Pinilla-Alonso, N.; Ivanov, V. D.; Littlefair, S. P.; Camargo, J. I. B.; Assafin, M.; Unda-Sanzana, E.; Jehin, E.; Morales, N.; Tancredi, G.; Gil-Hutton, R.; De La Cueva, I.; Colque, J. P.; Da Silva Neto, D. N.; Manfroid, J.; Thirouin, A.; Gutiérrez, P. J.; Lecacheux, J.; Gillon, M.; Maury, A.; Colas, F.; Licandro, J.; Mueller, T.; Jacques, C.; Weaver, D. (2012). "Albedo and atmospheric constraints of dwarf planet Makemake from a stellar occultation". *Nature* 491 (7425): 566–569.
159. Sicardy, B.; Ortiz, J. L.; Assafin, M.; Jehin, E.; Maury, A.; Lellouch, E.; Gil-Hutton, R.; Braga-Ribas, F.; Colas, F.; Widemann (2011). "Size, density, albedo and atmosphere limit of dwarf planet Eris from a stellar occultation". *European Planetary Science Congress Abstracts* 6: 137
160. ScienceDaily Staff (9 August 2011). "DNA Building Blocks Can Be Made in Space, NASA Evidence Suggests". ScienceDaily. Retrieved 9 August 2011
161. Tedesco, Edward; Metcalfe, Leo (4 April 2002). "New study reveals twice as many asteroids as previously believed" (Press release). European Space Agency. Retrieved 21 February 2008.
162. Tholen, D. J. (March 8–11, 1988). "Asteroid taxonomic classifications". *Asteroids II; Proceedings of the Conference*. Tucson, AZ: University of Arizona Press. pp. 1139–1150. Retrieved 14 April 2008.
163. Jim Baer (2008). "Recent Asteroid Mass Determinations". Personal Website. Retrieved 2008-12-11.
164. "JPL Small-Body Database Browser: 433 Eros (1898 DQ)". 2008-02-16 last obs. Retrieved 2008-12-11.
165. Greenberg, J. Mayo (1998). "Making a comet nucleus". *Astronomy and Astrophysics* 330: 375
166. 1997 Apparition of Comet Hale–Bopp: What We Can Learn from Bright Comets". *Planetary Science Research Discoveries*. Retrieved 30 April 2013.
167. Stardust Findings Suggest Comets More Complex Than Thought". NASA. 14 December 2006. Retrieved 31 July 2013.
168. Weaver, H. A.; Feldman, PD; a'Hearn, MF; Arpigny, C; Brandt, JC; Festou, MC; Haken, M; McPhate, JB; Stern, SA; Tozzi, GP (1997). "The Activity and Size of the Nucleus of Comet Hale-Bopp (C/1995 O1)". *Science* 275 (5308): 1900–4.
169. "What Have We Learned About Halley's Comet?". *Astronomical Society of the Pacific*. 1986. Retrieved 4 October 2013
170. "The Cometary Nucleus". Department of Earth and Space Sciences, UCLA. April 2003. Retrieved 31 July 2013.
171. Comb, M. R.; Harris W. M.; Smyth W. H. (2004). "Gas dynamics and kinetics in the cometary coma: Theory and observations". *Comets II*: 52
172. Lisse, C. M.; Dennerl, K.; Englhauser, J.; Harden, M.; Marshall, F. E.; Mumma, M. J.; Petre, R.; Pye, J. P.; Ricketts, M. J.; Schmitt, J.; Trumper, J.; West, R. G. (1996). "Discovery of X-ray and Extreme Ultraviolet Emission from Comet C/Hyakutake 1996 B2". *Science* 274 (5285): 205
173. Lisse, C. M.; Christian, DJ; Dennerl, K; Meech, KJ; Petre, R; Weaver, HA; Wolk, SJ (2001). "Charge Exchange-Induced X-Ray Emission from Comet C/1999 S4 (LINEAR)". *Science* 292 (5520): 1343–8.
174. Horizons output (2011-01-30). "Barycentric Osculating Orbital Elements for Comet Hyakutake (C/1996 B2)". Retrieved 2011-01-30
175. James, N.D (1998). "Comet C/1996 B2 (Hyakutake): The Great Comet of 1996". *Journal of the British Astronomical Association* 108: 157
176. JPL Small-Body Database Browser: C/1995 O1 (Hale–Bopp)". 2007-10-22 last obs. Retrieved 2008-12-05
177. Warell, J; Lagerkvist, C.-I; Lagerros, J. S. V (1999). "Dust continuum imaging of C/1995 O1 (Hale-Bopp): Rotation period and dust outflow velocity". *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 136 (2): 245–256
178. Williams, D. R. (1 July 2013). "Sun Fact Sheet". NASA. Retrieved 2013-08-12
179. Emilio, M.; Kuhn, J. R.; Bush, R. I.; Scholl, I. F. (2012). "Measuring the Solar Radius from Space during the 2003 and 2006 Mercury Transits". *The Astrophysical Journal* 750(2): 135.
180. "Solar System Exploration: Planets: Sun: Facts & Figures". NASA. Archived from the original on 2008-01-02.
181. Godier, S.; Rozelot, J.-P. (2000). "The solar oblateness and its relationship with the structure of the tachocline and of the Sun's subsurface". *Astronomy and Astrophysics* 355: 365–374
182. "NASA/Marshall Solar Physics". Marshall Space Flight Center. 18 January 2007. Retrieved 2009-07-11

183. Brogini, C. (2003). "Nuclear Processes at Solar Energy". Physics in Collision, Proceedings of the XXIII International Conference. p. 21
184. Erdélyi, R.; Ballai, I. (2007). "Heating of the solar and stellar coronae: a review". Astron. Nachr. 328 (8): 726–733.
185. Freedman, Roger A.; Kaufmann III, William J. (2008). Universe . New York, USA: WH Freeman and Company. p. 762
186. Feldman, U.; Landi, E.; Schwadron, N. A. (2005). "On the sources of fast and slow solar wind". Journal of Geophysical Research 110 (A7): A07109.1–A07109.12.
187. Carroll, Bradley W.; Dale A. Ostlie (2007). An Introduction to Modern Astrophysics. San Francisco: Addison-Wesley. p. 390
188. Tarou Morimoto, Hiroki Kurokawa. "Effects of Magnetic and Gravity forces on the Acceleration of Solar Filaments and Coronal Mass Ejections". Retrieved 2009-10-08
189. Leong, S. (2002). "Period of the Sun's Orbit around the Galaxy (Cosmic Year)". The Physics Factbook. Retrieved 2007-05-10
190. Eisenhauer, F.; et al. (2003). "A Geometric Determination of the Distance to the Galactic Center". Astrophysical Journal 597 (2): L121–L124.