

ASTROFYZIKA

1. ÚVOD

- 1.1. Fyzikální zákony

2. SLUNEČNÍ SOUSTAVA

- 2.1. Slunce
- 2.2. Planety
- 2.3. Další objekty Sluneční soustavy
- 2.4. Země
- 2.5. Měsíc
- 2.6. dějiny sluneční soustavy

3. HVĚZDY

- 3.1. základní pojmy
- 3.2. charakteristiky hvězd
- 3.3. vznik a vývoj hvězd

4. GALAXIE

- 4.1. naše galaxie

5. DODATKY

- 5.1. život ve vesmíru
- 5.2. kalendář
- 5.3. astronomická pozorování

1. ÚVOD

Klasická astronomie, řecky (astron) hvězda a (nomos) zákon, česky též **hvězdářství**, je věda, která se zabývá jevy za hranicemi zemské atmosféry, především určováním poloh nebeských těles.

Astrofyzika je obor fyziky, který zkoumá vesmír, jeho struktury, objekty a procesy v něm probíhající.

Induktivní postup – měření poloh nebeských těles → teorie

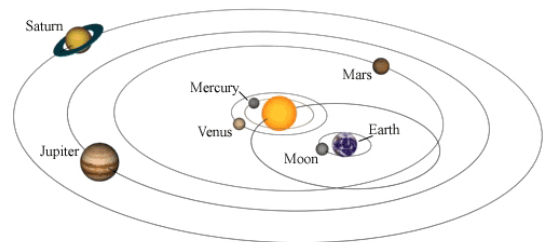
Deduktivní postup – teorie → výpočet polohy tělesa v budoucnu → porovnání se skutečností

Přesnost a spolehlivost výsledků (velmi neurčité)

- objekty jsou velmi daleko
- výpočty jsou časově a objemově náročné
- fyzikální systémy (např. atmosféry hvězd a planet) jsou nestabilní (malá odchylka na začátku způsobí velkou na konci)

Historie

- **Klaudios Ptolemaios** – asi 85 - asi 165
 - řecký, astronom a astrolog, který žil a pracoval v egyptské Alexandrii
 - jeho popis sluneční soustavy byl považován za správný po celých patnáct století
 - pokládal Zemi za střed vesmíru, okolo něhož obíhají Slunce, Měsíc, planety a hvězdy, (byl zastáncem geocentrického systému.)
 - zavedl 48 souhvězdí
- **Mikuláš Koperník** – 1473 – 1543
 - narodil se v Polsku, matka Němka, otec sporný
 - byl astronom, matematik, právník, stratég a lékař
 - tvůrce heliocentrické (sluncestředné) teorie
- **Tycho Brahe** – 1546 – 1601
 - je považován za nejlepšího a nejpřesnějšího pozorovatele hvězdné oblohy, jenž byl překonán až šedesát let po vynalezení dalekohledu
 - vytvořil originální kosmologickou teorii: podle ní je sice Země středem vesmíru, ale kolem ní obíhá jen Slunce a Měsíc. Ostatní planety obíhají kolem Slunce. Vytvořil tak jakýsi kompromis mezi geocentrickou teorií Ptolemaia a teorií heliocentrickou Mikuláše Koperníka.
 - na základě jeho pozorování (především poloh Marsu) mohl o několik let později Jan Kepler formulovat své slavné zákony oběhu planet. Před tím se ale střetl s Tychonovými dědici a naměřená data získal až po zákroku císaře



- Galileo Galilei – 1564 – 1642

- podporoval Koperníkův heliocentrický systém
- byl prvním člověkem, který použil dalekohled k pozorování oblohy.
- objevil Jupiterovy čtyři největší měsíce
- zaznamenal, že Venuše vykazuje stejnou sadu fází jako Měsíc, usoudil, že Venuše nemůže kroužit kolem Země v konstantní vzdálenosti. V heliocentrickém modelu sluneční soustavy vytvořeném Koperníkem by se dala stálá jasnost elegantně vysvětlit tím, že ve chvíli „plné Venuše“ jsou obě planety od sebe mnohem dále, na protilehlých stranách Slunce, přičemž Venušina osvětlená polokoule je přivrácena k Zemi.
- byl jedním z prvních Evropanů, kteří pozorovali sluneční skvrny, ačkoliv existují důkazy, že čínští astronomové tak činili již dříve.
- jako první podal zprávu o měsíčních, pohoří a kráterech. To ho vedlo k závěru, že Měsíc je „hrbolatý jako samotný povrch Země“ a není přesnou koulí, jak tvrdil Aristotelés.
- pozoroval Mléčnou dráhu považovanou dosud za mrak a zjistil, že se skládá z velké spousty hvězd namačkaných na sebe tak těsně, že se ze Země jeví jako mrak

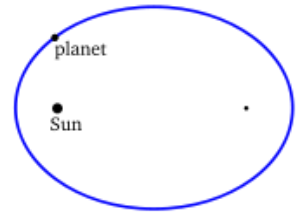
- Johannes Kepler 1571 – 1630

- v roce 1600 přichází Kepler do Prahy a stává se asistentem Tychona Brahe a po jeho smrti císařským matematikem a astrologem. Na Braheho podnět propočítal dráhu Marsu a po dlouhých výpočtech objevil v Praze první dva ze svých slavných Keplerových zákonů.
- za svůj život sestavil na 800 horoskopů, ale dodnes se traduje, že se astrologií zabýval pouze za účelem finančního zisku

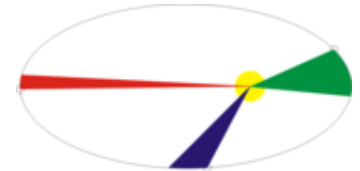
1.1. Fyzikální zákony, kterými se řídí S soustava

KEPLEROVY ZÁKONY – zákony kinematické (popisují pohyb planet)

1. Planety se pohybují po elipsách málo odlišných od kružnic; v jejichž společném ohnisku je Slunce.



2. Plocha opsaná průvodičem planety (spojuje střed planety se středem Slunce) za jednotku času je vždy stejná.



Důsledkem zákona je skutečnost, že pohyb planety po eliptické trajektorii kolem Slunce není rovnoměrný.

V **perihéliu** P je rychlost planety největší, v **aféliu** A nejmenší.

3. Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet se rovná poměru třetích mocnin délek hlavních poloos jejich drah.

T_1, T_2 – oběžné doby dvou planet

r_1, r_2 – jejich střední vzdálenosti od Slunce (dráhy planet jsou málo odlišné od kružnic)

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \approx \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

⇒ lze vypočítat poměrné vzdálenosti planet od Slunce, známe-li oběžné doby.

NEWTONŮV GRAVITAČNÍ ZÁKON

Dva hmotné body o hmotnosti m_1, m_2 se navzájem přitahují gravitačními silami F_g , jejichž velikost je přímo úměrná druhé mocnině jejich vzdálenosti r .
gravitační konstanta $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

$$F_g = \kappa \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

KOSMICKÉ RYCHLOSTI

1. kosmická rychlost (kruhová)

těleso se pohybuje po kruhové trajektorii kolem Země, $v_k = 7,9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

Při větších rychlostech těleso přechází na pohyb kolem Země po elipse, až do v_p .

2. kosmická rychlost (parabolická / úniková)

Při rychlosti $v_p = 11,2 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ se eliptická trajektorie mění na parabol. a těleso se trvale vzdaluje od Země (je však v gravitačním poli Slunce)

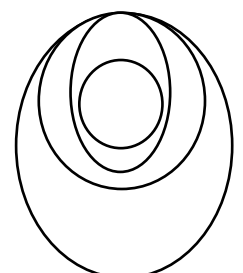
$$v_k = \sqrt{\frac{\kappa M}{r}}$$

$$v_p = v_k \cdot \sqrt{2}$$

3. kosmická rychlost

Po překročení rychlosti $v = 16,7 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, těleso opouští sluneční soustavu.

Pro lety ve vesmíru se využívá zákonu setrvačnosti a gravitace. Motory se používají jen při startu, brzdění a korekcích kurzu. Jinak družice letí setrvačností a pro zrychlení využívají gravitace planet → gravitační praký.



VZDÁLENOSTI

Astronomická jednotka – střední vzdálenost Země od Slunce

$1 \text{ AU} = 150 \cdot 10^6 \text{ km} = 8 \text{ min } 19 \text{ světelných s}$

Světelný rok – vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden rok.

$1 \text{ ly} = 63\,240 \text{ AU} = 9\,460\,10^6 \text{ km}$

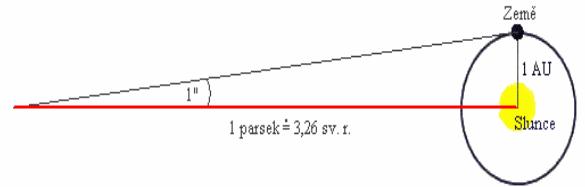
Roční paralaxa – úhel, pod kterým bychom z hvězdy viděli poloměr trajektorie Země, postavený kolmo na směr paprsků (poprvé použito v letech 1830 – 1840)

$[\pi] = \text{pc}$ (parsek) paralaxa a sekunda

$1'' = 1 \text{ pc} = 3,09 \cdot 10^{13} \text{ km} = 2,06 \cdot 10^5 \text{ AU} = 3,26 \text{ ly}$

Čím je hvězda blíže k Zemi, tím je její paralaxa větší.

Největší známou paralaxu má hvězda Proxima Centauri - asi $0,772'' = 1,3 \text{ pc}$.



ROTACE PLANET

Planety se otáčejí kolem své osy.

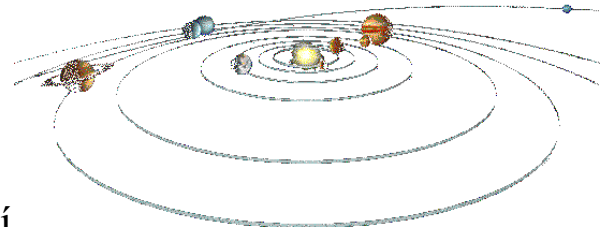
Většina – ve směru oběhu kolem Slunce.

Venuše – opačně.

Uran – má osu v oběžné rovině.

Ekliptika – zdánlivá dráha Slunce na obloze

Rovina ekliptiky je rovina, ve které obíhá Země kolem Slunce. Hmotná tělesa obíhají po elipsách, čili v rovině. Tato rovina se s časem téměř nemění, a proto je vhodná pro definování soustavy souřadnic (ekliptikální souřadnice).

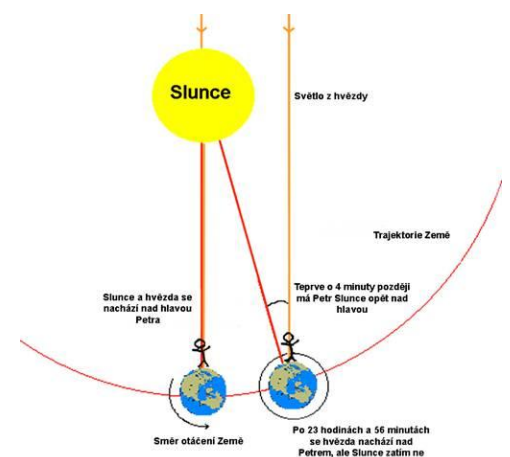


Sluneční den je doba mezi dvěma průchody Slunce místním poledníkem (jihem), je 4 minuty delší než (Opakuje se poledne.)

Hvězdný den (23 hod. 56 min.) je dobou, za kterou se Země otočí o 360° stupňů okolo své osy

(vzhledem k hvězdám). AB

Rozdíl je dán tím, že během dne se Země pohne o cca. 2,5 milionu km na své oběžné dráze okolo Slunce, takže opětovné "přiklonění" ke Slunci trvá o něco déle než je vlastní 1 otáčka. Rozdíl se nasčítá během roku na přesně jeden den. Země tedy vykoná ročně 365 otáček vůči Slunci a 366 vůči hvězdám (365 vzhledem ke Slunci + 1 oběh). Proto se Sluneční a hvězdný čas sejdou pouze jednou za rok.



Hvězdná obloha

Myšlená kulová plocha o velkém poloměru, na kterou se promítají obrazy vzdálených hvězd. Bod na obloze je směrem...

Vzdálenost dvou bodů měříme ve stupních.

Hvězdná obloha se zdánlivě otáčí kolem světových pólů – bodů, ve kterých hvězdnou oblohu protíná osa zemské rotace. Na severu míří přibližně k Polárce

Souhvězdí = oblast na obloze s přesně vymezenými hranicemi

Dvě hvězdy z jednoho souhvězdí nemusí být blízko sebe.

Zvěrokruh – zvířetník – zodiak

Když Země obíhá okolo Slunce, promítá se obraz Slunce do různých míst hvězdné oblohy. (v Babylonii poprvé popsali a pojmenovali jednotlivá souhvězdí.

I přes jejich souhrnný název neplatí, že by měla mít názvy pouze zvířat.

Souhvězdí zvířetníku (je **13**) je třeba odlišovat od **znamení zvířetníku** (**12**).

Původně se souhvězdí se znameními víceméně kryla (Slunce jimi putovalo ve stejnou dobu), ale vlivem precese se značně vzdálila.

Do znamení zvířetníku také z více méně neznámých důvodů nepatří **Hadonoš**, který ve zvířetníku přesto leží (podle jedné teorie to souvisí s historicky pozdějším oddělením souhvězdí Vah od souhvězdí Štíra).

Vstupy Slunce do zvířetníkových souhvězdí:

Beran – 18.4.

Býk – 13.5.

Blíženci – 21.6.

Rak – 20.7.

Lev – 10.8.

Panna – 19.6.

Váhy – 30.10.

Štír – 22. 11.

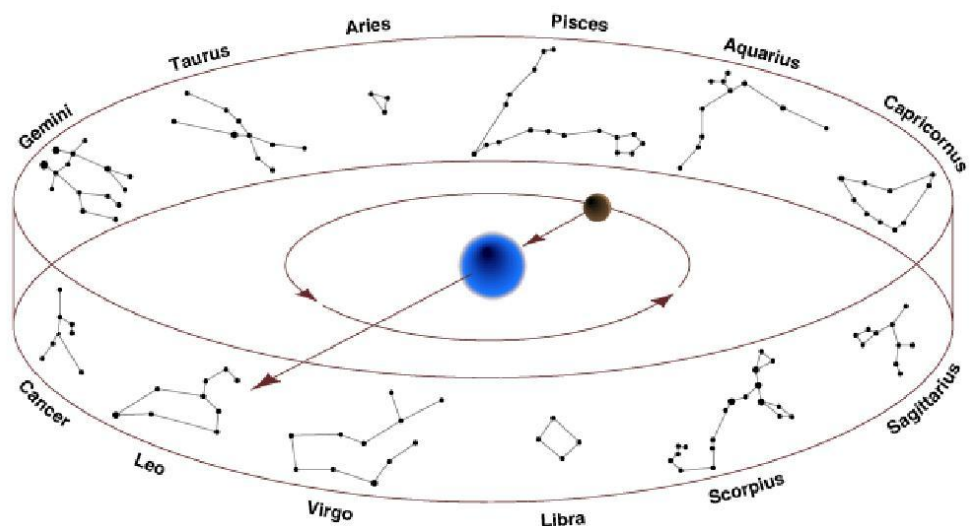
Hadonoš – 29.11.

Střelec – 18.12.

Kozoroh – 19 . 1.

Vodnář – 16. 2.

Ryby – 11.3.



2. SLUNEČNÍ SOUSTAVA

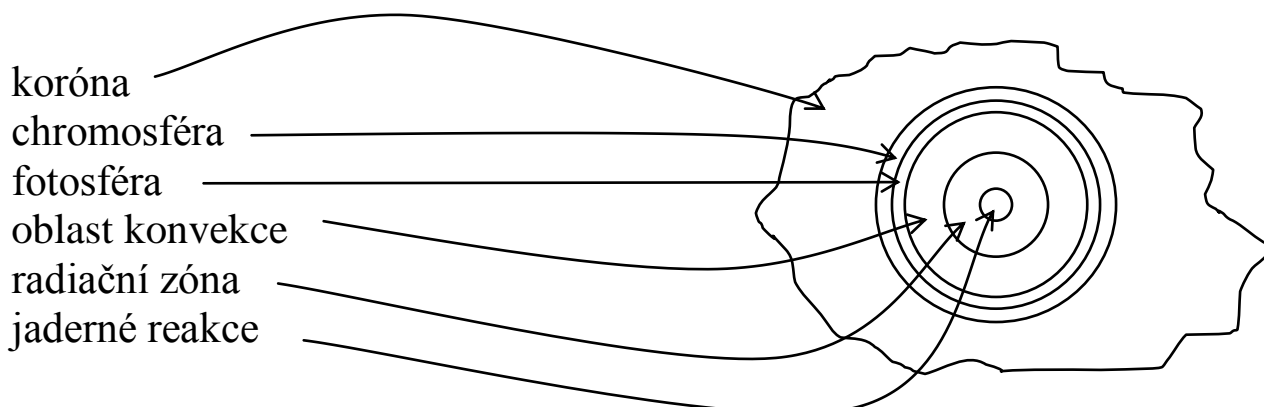
Do sluneční soustavy patří Slunce a všechna tělesa v jeho gravitačním poli.

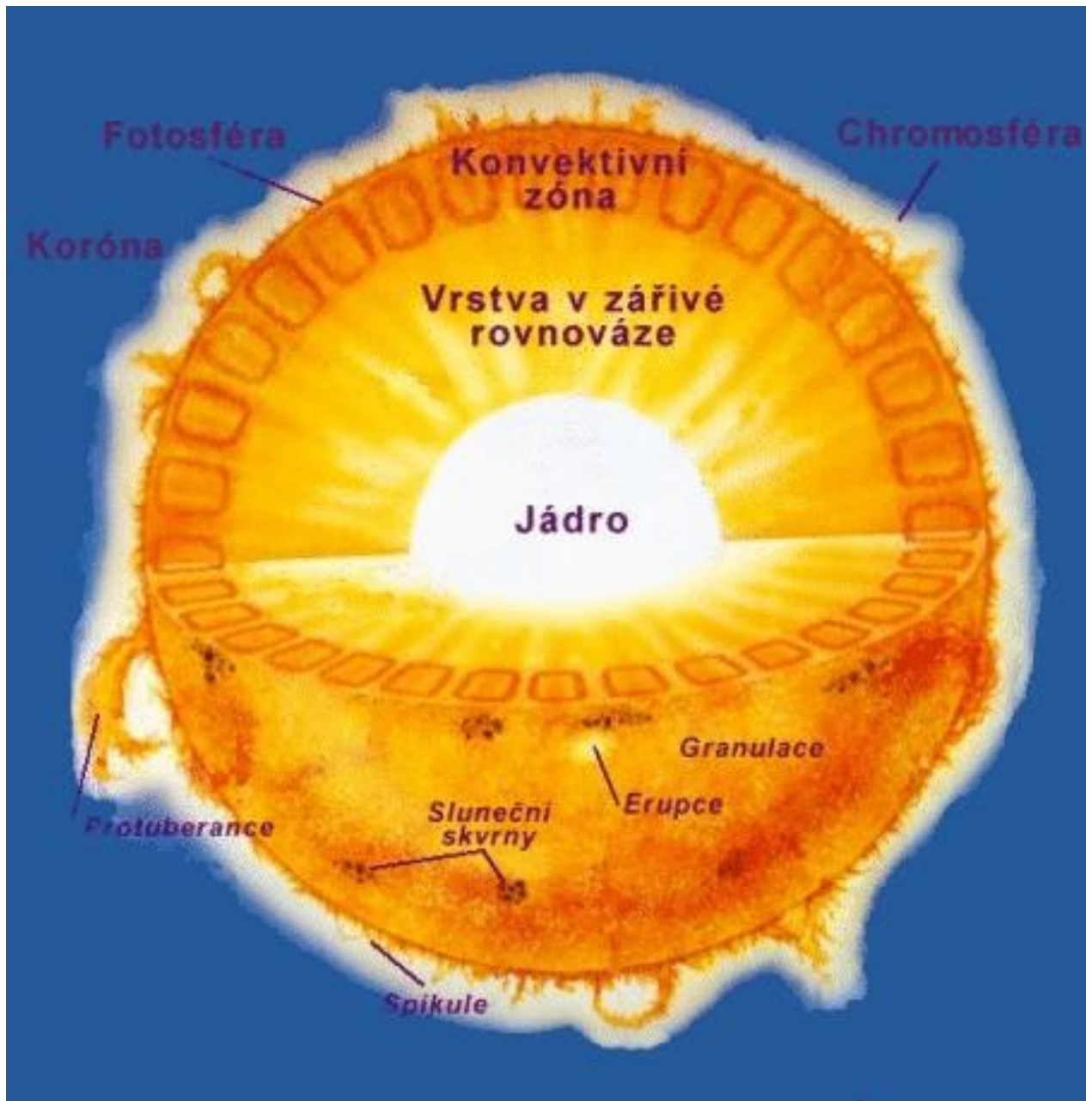
2.1. SLUNCE

(99,866% hmotnosti celé sluneční soustavy)

- koule, v jejímž nitru probíhají termonukleární reakce
- uvolňuje se energie a postupuje k povrchu (uvnitř zářením, pak konvekcí – teplejší plazma vzhůru, chladnější dolů) a pak je vyzařována do okolí
- ve středové oblasti je teplota asi 15 mil. K,
- povrchová teplota 6000 K ho zařazuje do spektrální třídy G
- od fotosféry výše teplota zase stoupá

- nachází se asi 30 000 světelných let od středu Galaxie.
- obíhá rychlostí 220 km/s a jeden oběh dokončí za 230 milionů let
- otáčí se s periodou 28 dní (ne jako tuhé těleso – na rovníku rychleji)
- zrodilo se před 5 miliardami let a bude trvat ještě asi 7 miliard let, než spálí zásoby vodíku ve středové oblasti a stane se červeným obrem, v jehož žáru zanikne sluneční soustava
- je hvězda tvořená hlavně H a He
- pozorovat můžeme jen sluneční atmosféru, která se skládá z nejnižle ležící fotosféry, nad ní je chromosféra a koróna. V těchto vrstvách se odehrávají bouřlivé děje, souhrnně nazývané sluneční činnost, které mají nemalý vliv na náš život.





Fotosféra

- je nejnižší, viditelná vrstva sluneční atmosféry, asi 250 km silná, která vydává viditelné záření
- pozorujeme v ní granule, stoupavá oblaka žhavé plazmy o průměru 1 000 až 2 000 km, která za asi deset minut zchladnou a sestupují do nitra, kde se plazma znovu ohřeje a stoupá opět vzhůru

Chromosféra

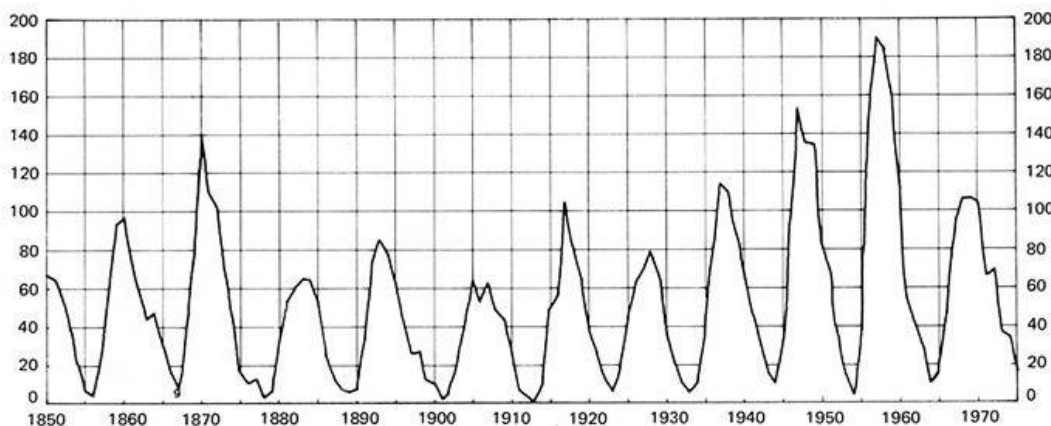
- vrstva skládající se z plynného H
- za běžných okolností jí nevidíme
- pozorovatelná je pouze několik sekund za úplného zatmění Slunce, kdy Měsíc zakryje fotosféru
- září jako úzký červený proužek (řecky chromos je barva).

Koróna

- nejvyšší vrstva sluneční atmosféry
- je rozsáhlá, neobyčejně řídká a teplá (2 milióny kelvinů).
- na částicích které ji tvoří, se rozptyluje záření fotosféry
- můžeme ji pozorovat též během úplného zatmění Slunce, nebo speciálními dalekohledy (tzv. koronografy).

Sluneční skvrny

- jsou oblasti ve **fotosféře** o průměru mnoha tisíc km se silným magnetickým polem, kde je zpomalena konvekce, a proto jsou tato místa tmavší a chladnější (o 2000 K)
- existují několik hodin nebo i měsíců, počet skvrn kolísá ze dne na den
- velká skvrna se skládá z umbry (tmavého jádra), obklopeného penumbrou (polostímem)
- výrazně se mění v jedenáctiletém cyklu (sluneční cyklus) střídají se maximální počty skvrn s minimálními



2. pol. 17 stol
Slunce bylo 70 let
prakticky beze skvrn
(sluneční aktivita
ustala) a v téže době
poklesla průměrná
teplota (zamrzalo
Baltské moře – malá
doba ledová)

Spikule

- úzké výtrysky plynů z chromosféry s dobou života několik minu
- dosahující velikosti několik tisíc kilometrů.
- každým okamžikem je na Slunci zhruba milión spikulí

Protuberance

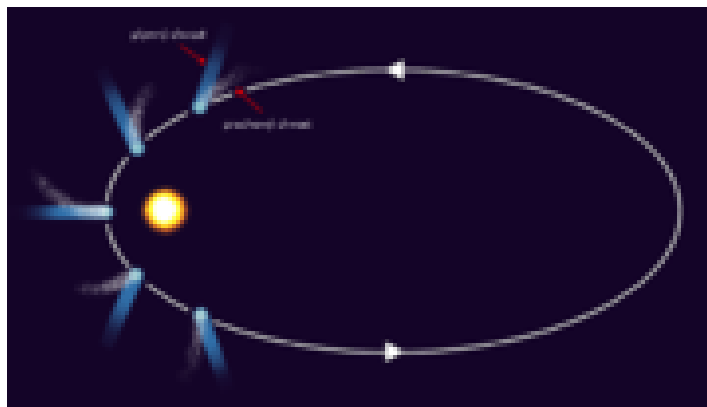
- výtrysky sluneční hmoty desetitisíce kilometrů nad povrch, ovládané magnetickým polem Slunce
- jejich tvar kopíruje silokřivky lokálního magnetického pole
- představují nejkrásnější podívanou ve vesmíru

Sluneční erupce

- je prudké zahřátí chromosféry a koróny provázené vyvržením velkého množství elektricky nabitých částic a vyzářením elektromagnetického záření
- může dojít až k odtržení oblaku plazmatu, který putuje Sluneční soustavou
- zachytí-li tento oblak magnetosféra naší Země, dojde k výrazným polárním zářím a magnetickým bouřím
(některé nabité částice urychlené erupcí dorazí k Zemi za 4 - 5 dní a rozkmitají magnetické pole Země (geomagnetická bouře))

Sluneční vítr

- je proud elektricky nabitých částic unikajících z koróny rychlostí 300–900km/s
- zemské magnetické pole chrání povrch Země a biosféru před ničivým slunečním větrem, ale je jím deformováno
- v okolí pólů se částice slunečního větru dostávají do nižších, hustších vrstev atmosféry, kde ionizují částice vzduchu a budí je k záření (polární záře)
- odfukuje ohony komet, takže skoro vždy směřují od Slunce

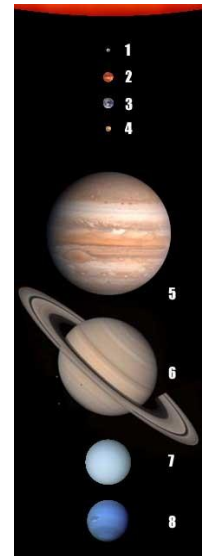


2.2. PLANETY

Planeta nebo **oběžnice** ve Sluneční soustavě je takové těleso, které

- obíhá kolem Slunce
- má dostatečnou hmotnost, aby ji gravitační síly zformovaly do přibližně kulového tvaru
- je dominantní v zóně své oběžné dráhy
- nespustila se v něm nukleární reakce a nestalo se tak hvězdou

Exoplanety jsou planety, které se nacházejí mimo naši Sluneční soustavu.



Vnitřní planety – podobné Zemi (terestrické) – kamenné planety

Merkur

- je známý přinejmenším od časů Sumerů (3. tisíciletí př. n. l.).
- nejmenší planeta Sluneční soustavy
- oběžná dráha je ze všech planet nejbliže ke Slunci. Díky tomu je neustále bombardován fotony i slunečním větrem - proudem nabitých částic směřujících vysokou rychlostí od Slunce.
- nepřítomnost atmosféry je příčinou velkých rozdílů teplot mezi osvětlenou a neosvětlenou polokoulí (až 700 °C.) 500 °C. až -180 °C.
- naši předkové měli vlastní staročeský název této planety, říkali jí **Dobropán**
- je často viditelný třídrem nebo i okem, ale je vždy velmi blízko Slunce

Venuše

- je pojmenovaná po římské bohyni lásky a krásy Venuši
- starověkými astronomy zvaná též Jitřenka nebo Večerka
- objekty na povrchu mají ženská jména
- orbity ostatních planet jsou elipsami, orbita Venuše je jediná téměř kružnicí
- je nejpodobnější Zemi – podobnou velikost, hustotu a objem
- při pozorování ze Země vidíme její fáze (podobně jako u Měsíce)
- má hustou atmosféru převážně z CO₂ s oblaky kapiček kyseliny sírové, která zadržuje množství tepla (skleníkový efekt)
- doba otočení kolem vlastní osy je delší než doba oběhu kolem Slunce (243 dní)
- otáčí se opačně než ostatní planety

Vnější planety

Mars

- pojmenovaná po římském bohu války Martovi.
- starověké civilizace (Egyptané, Babylóňané a Řekové) znaly tuto „putující hvězdu“ a měly pro ni svá pojmenování. Kvůli jejímu načervenalému nádechu, způsobenému červenou barvou zoxidované půdy na jejím povrchu, považovaly staré národy Mars většinou za symbol ohně, krve a zániku.
- v současnosti je nejlépe prozkoumanou planetou po Zemi.
- 1965 sonda Mariner 4 poslala 22 detailních záběrů Marsu. Všechny tyto snímky potvrdily, že povrch planety obsahuje mnoho kráterů a přirozeně vytvořených kanálů.
- 1976 na povrchu Marsu přistály dva přistávací moduly sondy Viking, které provedly tři biologické experimenty a objevily neočekávané chemické aktivity v martánské půdě. Tyto aktivity ovšem neposkytly svědectví o přítomnosti živých mikroorganismů v půdě v blízkosti přistání. (63roky)
- 2001 NASA vyslala sondu Mars Odyssey, která je stále na orbitě planety
- má dva měsíce: Phobos (strach) a Deimos (panika) (**Jonathan Swift** objevil ve svých Guliverových cestách dva měsíce Marsu – 150 let před skutečným objevem)

Plynní obři

Jupiter

- je největší planeta Sluneční soustavy
- je pojmenován po římském bohu Jupiterovi (též zvaném Jova)
- vyznačuje se nejrychlejší rotací, což způsobuje jeho zplošťování viditelné i pomocí dalekohledu.
- je nepřetržitě zahalen vrstvou mraků
- nejnápadnějším útvarem je Rudá skvrna, oblačný vír pozorovaný od 17. stol.
- 1610 Galileo Galilei objevil čtyři velké Jupiterovy měsíce Io, Europu, Ganymed a Callisto u jejichž nebeského pohybu bylo zřetelné, že jeho centrem není Země. Tato skutečnost byla hlavním bodem obhajoby Koperníkovy heliocentrické teorie o pohybu planet
- má nejméně 63 měsíců
- do dnešní doby navštívilo Jupiter už několik výzkumných sond

Saturn

- Saturnus, vládce bohů, měl v římské tradici stejné osudy jako řecký bůh Kronos, s nímž Saturn splynul
- jeho pozorováním se zabýval Galileo Galilei. Díky nedokonalé optice použitých dalekohledů pokládal saturnové prstence za dvě samostatná tělesa, doprovázející vlastní planetu
- o 50 let později přinesl správné vysvětlení pozorovaných jevů Christiaan Huygens a jako první prohlásil, že Saturn je obklopen kruhovým prstencem.
- prstenec je široký čtvrt mil. km a tlustý jen asi 3 km
- má nejméně 60 měsíců
- je tvořen z větší části plyny, jeho průměrná hustota je nižší, než hustota vody

Uran

- pojmenován po řeckém bohu nebe –Uranovi
- jeho osa je vychýlená o téměř 90°. Příčina extrémního vychýlení není známa. Spekuluje se, že během formování planety došlo možná ke kolizi s velkou protoplanetou, která způsobila změnu orientace. V důsledku toho v jedné části jeho oběžné dráhy na jeden z pólů stále svítí Slunce, zatímco druhý pól je odvrácen. Na opačné straně oběžné dráhy se orientace pólů vzhledem k Slunci obrátí (s periodou 42 let). Polární oblasti přijímají od Slunce mnohem více energie než rovníkové. Uranův rovník je přesto teplejší než póly. Mechanismus způsobující tento jev je dosud neznámý.
- byl první objevenou planetou, která nebyla známa již od dávných časů, a ačkoliv byl pozorován už dřív, vždy byl mylně považován za další hvězdu.
- má nejméně 27 měsíců (pojmenovaných podle postav z Shakespearových her)

Neptun

- je pojmenován podle starořímského boha Neptuna.
- byl objeven 1846 astronomem Johannem Gottfridem Gallem s pomocí matematické předpovědi, kterou vypracoval Urbain Le Verrier na základě odchylek v pohybu Uranu.
- má 4 slabě znatelné prstence
- je velmi daleko od Slunce, dostává 900krát méně sluneční energie, než Země. (Zajímavostí však je, že vyzařuje 2,7krát více energie, než přijímá. V současnosti zdroj této vyzařované energie neznáme. Vyzařovaná energie však vysvětluje existenci bouřlivých procesů v atmosféře Neptuna.)
- má 13 měsíců

Malá tělesa

Trpasličí planety – splňují většinu charakteristik planety, ale nejsou dominantní v zóně své oběžné dráhy.

Pojem "trpasličí planety" byl přijat v roce 2006 na XXVI. valném shromáždění Mezinárodní astronomické unie (IAU) v Praze jako jedna z trojice klasifikací těles obíhajících okolo Slunce.

Mezi trpasličí planety patří (podle vzestupné vzdálenosti od Slunce):

Ceres

- byl po svém objevení označený jako planeta, ale poté, co bylo nalezeno mnoho podobných objektů, byl překlasifikován na planetku
- název podle římské bohyně Ceres, která byla ochránkyní zemědělců a úrody (její česká obdoba je Živěna)

Pluto

- objeveno 1930
- do roku 2006 řazeno též mezi planety
- jeho velikost je však podstatně menší než velikost kterékoliv jiné planety
- předpokládá se, že všechna další tělesa za drahou Neptunu jsou rovněž složením podobná Plutu, čili hrouda kamení a ledu
- měsíc Charón, v řecké mytologii převozník mrtvých přes řeku Styx do podzemní říše Pluta (byl objeven v roce 1978). Pluto a Charón se vyznačují vázanou rotací, což znamená, že Pluto s Charónem jsou k sobě otočení stále stejnou stranou
- díky Hubbleovu vesmírnému teleskopu byly 2005 objeveny další dva měsíce: Nix a Hydra.

Eris

- patří do rodiny transneptunických těles
- poprvé pozorovaná v roce 2003
- další pozorování 8. ledna 2005 umožnilo přesně stanovit její dráhu
- je větší než Pluto (10. planeta?)

Podle některých astronomů se můžeme dočkat zhruba 45 nových trpasličích planet.

2.3. Další objekty Sluneční soustavy

- měsíce (150 – především u plynných obrů)
- komety
- meteory
- umělé družice a kosmické sondy

Kometa (vlasatice)

- je malý astronomický objekt podobný planetce složený především z ledu, prachu, oxidu uhličitýho, metanu a různých nerostných látek
- obíhá většinou po velice výstředné (excentrické) eliptické trajektorii kolem Slunce

Skládá se z těchto částí:

- **Jádro** – pevná část komety o velikosti v řádu kilometrů až desítek km
- **Koma** – kulová obálka kolem jádra, složena především z plynů.
- **Ohon** – plyn a prachové částice směřující od Slunce (chvost nebo ocas)

Říká se, že kometární materiál si můžete udělat i doma: trochu vody smíchejte s tonerem z tiskárny, přidejte trochu organických látek z vlastních slin. Promíchejte s pevným oxidem uhličitým a nechte zmrznout.

- **Krátkoperiodické komety** mají oběžné doby kratší než 200 let.
(Nejznámější kometa je Halleyova kometa s oběžnou dobou 76 let.)
- **Dlouhoperiodické komety** mají oběžné doby delší, ale stále zůstávají gravitačně závislé na Slunci.

Komety ve velké vzdálenosti (50 000AU – 100 000 AU) od Slunce se (podle 2. KZ) pohybují velmi pomalu. Tráví tam většinu času a je jich až 10^{12} . Nemají ani komu, ani ocas.

Jednonávratové komety mají parabolické či hyperbolické oběžné dráhy, které je vynesou navždy mimo Sluneční soustavu po jediném průletu okolo Slunce.

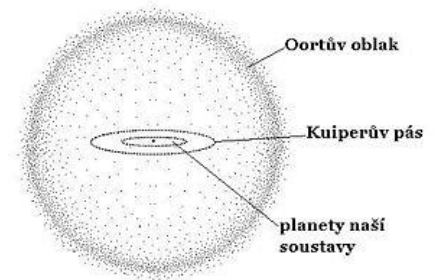
Za místo vzniku krátkoperiodických komet se obecně považuje Kuiperův pás. Dlouhoperiodické komety zřejmě vznikají v Oortově oblaku.

Kuiperův pás

- je oblast ve Sluneční soustavě, která se nachází za dráhou Neptuna ve vzdálenosti 30 až 50 AU od Slunce
- předpokládá se, že je složen z několika desítek tisíc těles větších než 100 km a řádově miliardy objektů větších než 1 km.
Obsahuje tak absolutně nejvíce všech těles Sluneční soustavy.
- pojmenován je podle Gerardu Kuiperovi, který v roce 1951 navrhl teorii o původu některých komet v bližší oblasti než Oortův oblak

Oortův oblak

- nachází na okraji naší Sluneční soustavy za Kuiperovým pásem, přibližně 50 000 až 100 000 AU
- existuje-li, pak se jedná o kulovitou skořápku kolem naší Sluneční soustavy
- název po dánském astronomovi Janu Oortovi, který hypotézu o jeho existenci poprvé zveřejnil v roce 1950.



Heliopauza

- je oblast (rozhraní), kde přestává působit sluneční vítr
- podle současných poznatků vane sluneční vítr neztenčenou intenzitou asi do vzdálenosti 95 AU, pak se zpomaluje a mění se v chuchvalce, které vypadají a chovají se spíše jako ohony komet.
Tyto chuchvalce mohou zasahovat do vzdálenosti dalších přibližně 40 AU.

Hranice Sluneční soustavy

Není známo, že by se v oblasti za Oortovým oblakem nacházela další tělesa patřící do naší Sluneční soustavy. To však neznamená, že zde nemohou být, protože gravitační působení Slunce sahá až do vzdálenosti asi 2 světelných let (125 000 AU), což je výrazně více, než odhadovaný průměr Oortova oblaku. Lidstvo však zatím nemá nástroje pro podrobnější průzkum této oblasti.

Při každém přiblížení se k Slunci ztrácí kometa mnoho své hmotnosti na vytvoření komy a ohonu. Jasnost periodických komet klesá, až se kometa rozpadne a vytvoří tak meteorický roj.

Meteoroidy – mikroskopický prach až po tělesa o průměru několika desítek metrů, které obíhají kolem Slunce.

Meteor – optický jev, kdy se meteoroid, který pronikl do zemské atmosféry, zahřál a začal zářit.

Bolid – obzvlášť jasný meteor.

Meteorit – zbytky meteoroidu, který dopadl na zem.

Meteorické roje – mnoho meteorů, které jako by vyletovaly z jednoho bodu, tzv. radiantu, jsou pozůstatky dávno zaniklých komet.

Na planetách a jejich měsících, které mají řídkou nebo žádnou atmosféru, formovaly dopady meteoritů výrazně jejich povrch a vytvořily na něm mnoho kráterů.

Před 65 mil. lety dopadlo na Zemi (do oblasti Mexika) těleso, které ukončilo období druhohor a dinosaurů. (V geologických vrstvách se našla vrstvička iridia – těžkého prvku, který se nachází v jádře, ale v takovém množství ne na povrchu. Což svědčí o dopadu nebeského tělesa.)

Kosmický výzkum

1957 – Sputnik 1 – 4.10. první umělá družice Země – SSSR

Sputnik 2 – 3.11 družice Země se psem Lajkou na palubě

1961 – Jurij Gagarin na oběžné dráze Země

1969 – Apollo 11 – přistání na Měsíci – USA

Umělé kosmické těleso

je objekt, vytvořený člověkem (případně jinou inteligentní bytostí), který se pohybuje vesmírem. Z hlediska funkce je rozdělujeme obvykle na:

- funkční kosmická tělesa
 - umělé družice,
 - kosmické sondy,
 - kosmické lodě
 - kosmické stanice,
- nefunkční kosmická tělesa
 - od funkčních těles oddělené poslední stupně nosných raket
 - nepotřebné části či úlomky vzniklé rozpadem nebo explozí umělých kosmických těles tzv **kosmické smetí**.

UMĚLÁ DRUŽICE

je těleso, které je raketou dopraveno na oběžnou dráhu okolo Země.

Využití umělých družic

- **spojové družice** – umožňují telefonní, televizní a internetové spojení mezi kontinenty
(**geostacionární družice** – oběžná doba okolo Země je stejná jako doba, za kterou se Země sama otočí, družice „visí“ nad jedním místem.)
- **navigační družice** – pro výpočet zeměpisných souřadnic polohy lodí a letadel
- **dálkový průzkum** – mapování oblastí Země, (sledující ubývání tropických pralesů, růst měst,...)
- **meteorologické družice** – zvýšily spolehlivost předpovědí
- **zpravodajské (špionážní) družice** – usnadňují ověřování dodržování mezinárodních mírových smluv
- **vědecké družice** – umožňují mapovat vesmír v IR , UV, rentgenovém nebo gama záření, které atmosféra nepropouští na zemský povrch.

KOSMICKÁ SONDA

je těleso bez lidské posádky, určené k výzkumu vlastností prostoru, kterým prolétají, případně těles Sluneční soustavy, k nimž se přiblíží.

Podle hlavního zkoumaného objektu je dělíme obvykle na:

- **měsíční (lunární) sondy**, zkoumající Měsíc a jeho okolí;
- **meziplanetární (interplanetární) sondy**, zkoumající vlastnosti meziplanetárního prostoru, hmoty a polí v něm se nacházejících;
- **sluneční (solární) sondy**, zkoumající bližší okolí Slunce;
- **planetární sondy**, zkoumající pevná tělesa Sluneční soustavy, především planety, jejich satelity (měsíce) a planetky;
- **kometární sondy**, zkoumající vlastnosti komet;
- **mezihvězdné sondy**, určené k průzkumu vlastností mezihvězdného prostoru za hranicemi Sluneční soustavy

Zvláštním typem sond jsou **návratové sondy**, které po průzkumu cílů svého letu a případném odběru vzorků materiálu se vrátí se svým nákladem zpět na Zemi.

KOSMICKÁ LOĎ

je těleso, které slouží ve vesmíru jako dopravní prostředek pro dopravování živých organismů nebo nákladu. Pohybuje se vně zemské atmosféry ve vesmírném vakuu, kam se dopravuje vlastními prostředky nebo kam ji vynesly nosné rakety.

VESMÍRNÁ (KOSMICKÁ) STANICE

je zařízení určené pro pobyt lidí ve vesmíru. Nejsou uzpůsobeny pro přistání na Zemi. Pro dopravu lidí a materiálu na a ze stanice je tedy zapotřebí jiného dopravního prostředku.

2.4. ZEMĚ

$$R_Z = 6378 \text{ km}$$

$$M_Z = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\rho_Z = 5520 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Zemská atmosféra je vrstva plynů obklopujících planetu Zemi, udržovaných na místě zemskou gravitací.

Chrání pozemský život před nebezpečnou sluneční radiací a stabilizuje teplotní rozdíly mezi dnem a nocí.

Složení

plyn objemový podíl

Dusík 78%

Kyslík 21%

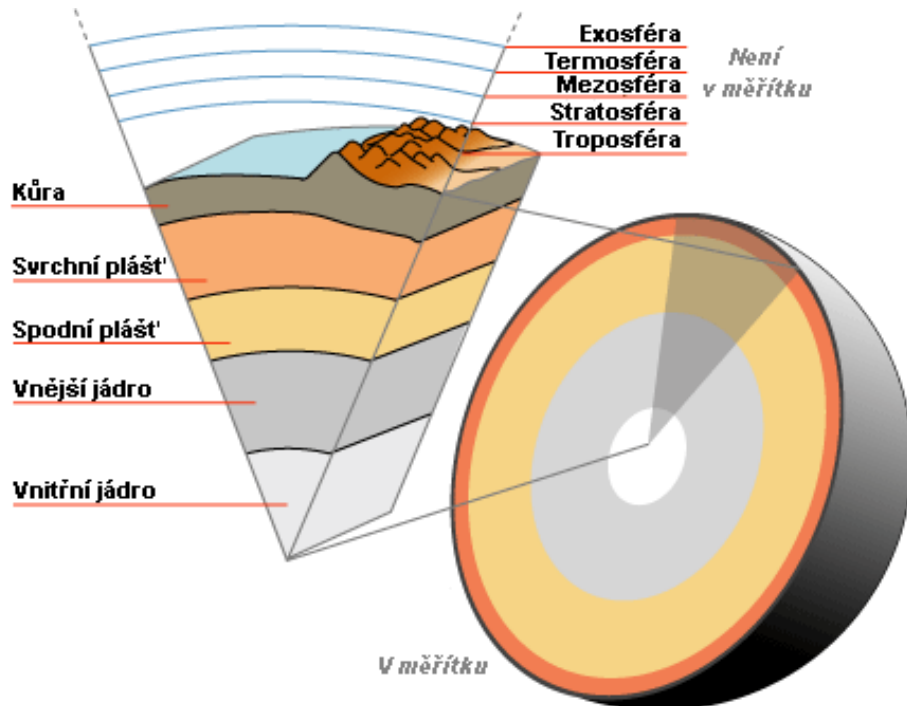
Argon 0,934%

A stopové množství dalších prvků (CO₂, Ne, He, Metan, Krypton, H

Nemá jednoznačnou vrchní hranici – místo toho plynule řídne a přechází do vesmíru. Tři čtvrtiny atmosférické hmoty leží v prvních 11 km nad povrchem země.

Americká NASA stanovuje, že kdokoliv pohybující se ve větší výšce než přibližně 80 km, je astronautem.

Všeobecně uznávanou vnější hranicí atmosféry je také Karmanova hranice, která se nachází ve výšce 100 km nad hladinou světového oceánu.



Vrstvy zemské atmosféry

Teplota a složení zemské atmosféry se liší podle nadmořské výšky.

- **troposféra**

Název z řeckého slova „tropos“ = "otáčet - míchat“ a „sféra“ = "koule".

Je nejnižší vrstvou atmosféry.

Sahá až do 7 km v polárních oblastech a 17 km okolo rovníku.

Teplota klesá s nadmořskou výškou.

Zahrnuje 80 % hmotnosti atmosféry.

- **stratosféra**

sahá od konce troposféry, přibližně do 50 km.

Teplota vzrůstá s nadmořskou výškou.

Až do 30 km je v ní stálá teplota od -45 do -75 °C (podle zeměpisné šířky).

V horní vrstvě stratosféry teplota s výškou stoupá až na +20 °C.

Vrstva stratosféry mezi 25 až 35 km se nazývá **ozonoféra**, protože obsahuje vysokou koncentraci ozonu (O₃). Molekuly ozónu pohlcují krátkovlnné, především UV záření, které má zhoubný vliv na tkáně živých organismů.

Díky ozónové vrstvě se k povrchu Země dostává jen asi 1% UV záření, přicházejícího ze Slunce. Ozónová vrstva se při tom zahřívá. Tím si vysvětlujeme zvýšenou teplotu v horní vrstvě stratosféry.

Ozón vzniká tak, že fotony slunečního záření rozbijí molekuly dikyslíku a vzniklé atomy O se slučují s molekulami O₂ na molekuly O₃.

- **mezoféra**

sahá do 80 až 85 km.

Teplota s nadmořskou výškou klesá.

Vrstva se nachází příliš vysoko nad oblastmi, kde létají letadla (až 27 km) a příliš nízko pro kosmické družice, tak je její průzkum poměrně složitý a komplikovaný.

- **termosféra**

sahá do vzdálenosti 640 km.

Teplota zde díky slunečnímu záření s přibývajícím vzdáleností od zemského povrchu stoupá až na cca 1 400 °C. Vzhledem k relativně nepatrné hustotě vzduchu ve vyšších výškách, zde nelze měřit teplotu vzduchu tradičními termometrickými metodami, ale určuje se na základě střední velikosti kinetické energie pohybu jednotlivých molekul.

V termosféře se vyskytuje polární záře.

Hranice mezi vrstvami jsou nazývány **tropopauza, stratopauza a mezopauza**.

Průměrná teplota atmosféry u povrchu země je 14 °C.

Zvláštní části atmosféry

Atmosféra má také tyto části, rozdělené podle odlišného mechanismu:

- **ionosféra**

obsahuje elektricky nabitě částice (ionty). Sahá přibližně od začátku mezoféry až do výšky 550 km. Má velký význam pro šíření radiových vln, které se od ní mohou odrážet a tím se šíří daleko od vysílače.

Tato vrstva země obsahuje nejméně živých organismů.

K ionizaci dochází působením jednak kosmického záření, jednak UV a rentgenového záření Slunce na molekuly atmosférických plynů, především kyslíku (O_2 , O) a dusíku (N_2).

- **exosféra**

nachází se nad ionosférou. V této oblasti zemská atmosféra plynule přechází do meziplanetárního prostoru. Za horní hranici exosféry se považuje 20 000 až 70 000 kilometrů nad zemským povrchem. V této oblasti se nacházejí převážně volné atomy vodíku a helia, na které již nepůsobí takovou silou gravitace, což má za následek, že částice mohou uniknout do okolního volného prostoru a vymanit se z gravitačního sevření planety. Země tak za sebou táhne závoj unikajících vodíkových částic, čímž se tak ochuzuje o tento prvek. Obecně se považuje konec exosféry tam, kde poklesne výskyt částic na 1/10 průměrné hodnoty v troposféře

- **magnetosféra**

část atmosféry, ve které zemské magnetické pole reaguje se slunečním větrem. V této oblasti se tvoří polární záře. Může dosahovat až několik tisíc kilometrů nad povrch Země.

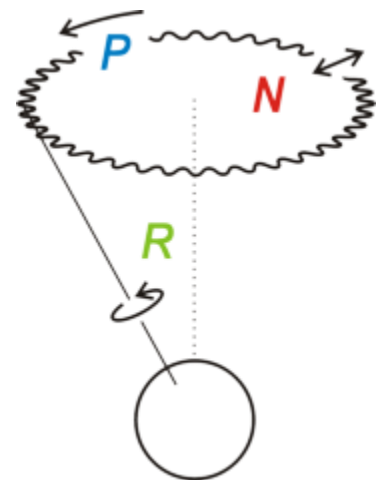
Pohyb zemské osy:

R = rotace Země kolem osy, **P** = precese, **N** = nutace

Precese zemské osy je krouživý pohyb zemské osy přibližně po plášti dvojkužele. Je to speciální případ obecného fyzikálního jevu pozorovaného u rotujících hmotných těles (setrvačníků).

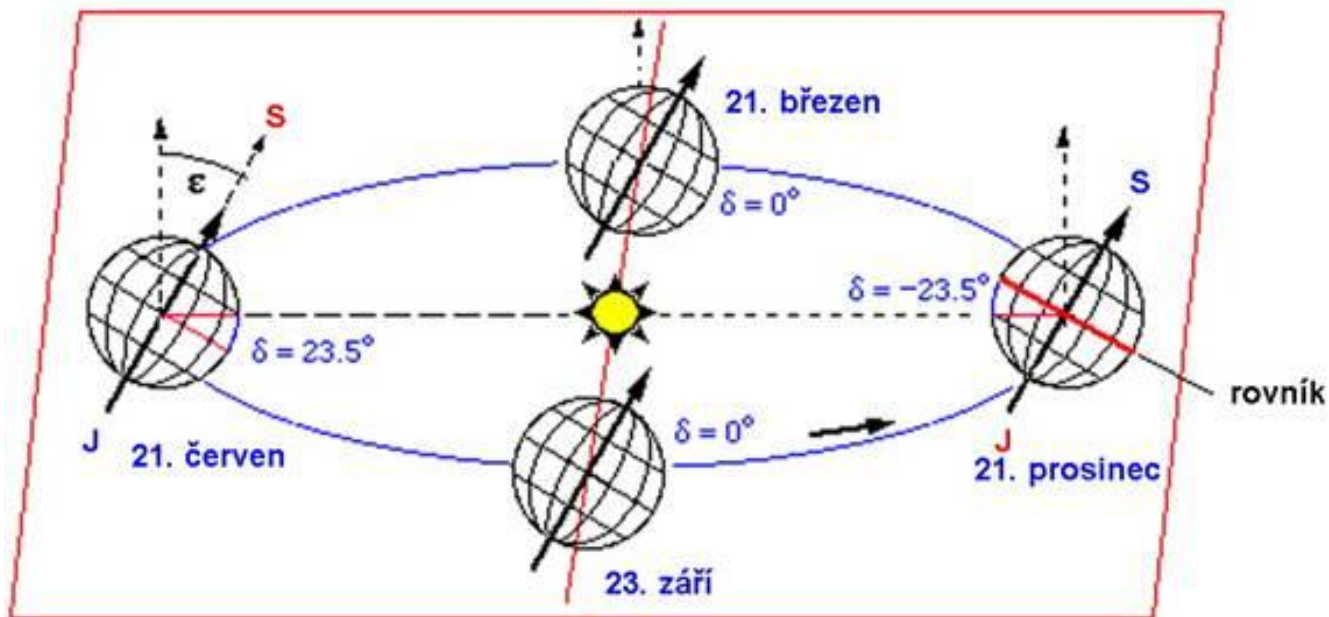
Nejvýznamnějším vlivem, způsobujícím precesi zemské osy, je gravitační působení Slunce na Zemi.

Hlavní příčinou **nutace** je Měsíc



V současnosti nastává zemský **perihel** vždy kolem 3. 1. a **afel** kolem 4. 7.

Střídání ročních období



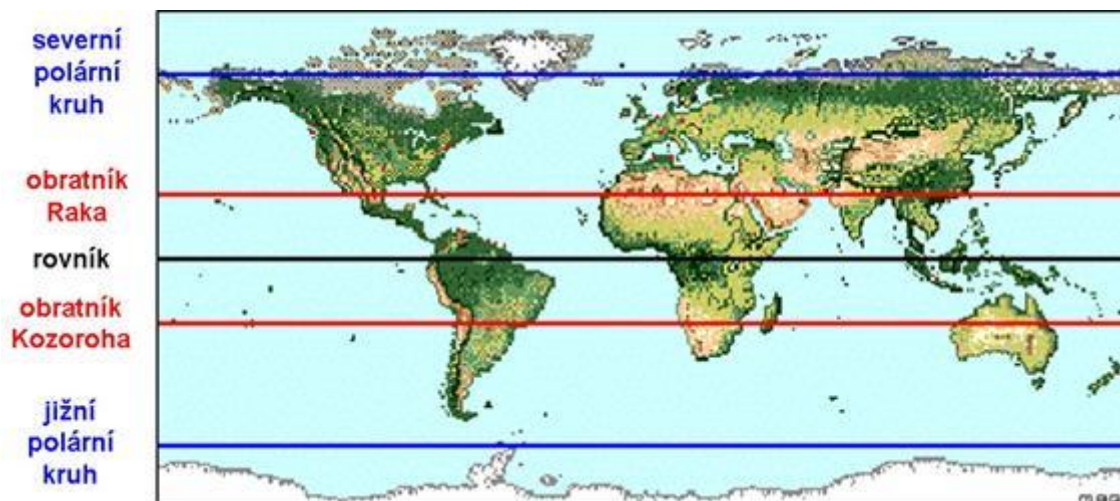
Zemská osa si během oběhu kolem **Slunce** zachovává svůj směr v prostoru.

Deklinace Slunce δ udává úhel, který svírá sluneční paprsek směřující ke středu Země (Slunce je v zenitu) s rovinou rovníku.

- **letní slunovrat** – den, kdy má Slunce maximální deklinaci ($+23,5^\circ$) 21. 6. Slunce dosáhlo obratníku Raka. Na severní polokouli nastává astronomické léto.
- **zimní slunovrat** – den, kdy má Slunce minimální deklinaci ($-23,5^\circ$) – 21. 12. (Slunce dosáhlo obratníku Kozoroha).

Den jarní rovnodennosti nejčastěji nastává 20. nebo 21. března, den podzimní rovnodennosti 22. nebo 23. září.

Léto je na severní polokouli trochu paradoxně v období, kdy je Země od Slunce nejdále, neboť více než na vzdálenosti obou těles záleží na úhlu dopadu paprsků.



Doba trvání jednotlivých ročních období

Roční období	Trvání na severní polokouli (přibližně)	Trvání na jižní polokouli (přibližně)
Jaro	92 d 22 h	89 d 17 h
Léto	93 d 14 h	89 d 1 h
Podzim	89 d 17 h	92 d 22 h
Zima	89 d 1 h	93 d 14 h

Časová pásma

Podle dohody je zemský povrch rozdělen poledníky na 24 časových pásem po 15°.

- **nultý poledník (Greenwichský)**. pásmo dané tímto poledníkem se nachází 7,5° na západ a 7,5° na východ zeměpisné délky od nultého poledníku.

Protože jako počátek pásmového času pokládáme nultý poledník, označujeme ho jako světový čas **SČ = UT (univerzal time)**.

Ne každé časové pásmo je přesně ohraničeno poledníkem o dané zeměpisné délce, ale jsou zde zohledněny i hranice států a další vlivy viz. obrázek.

Při přechodu o jedno časové pásmo se změní čas o jednu hodinu, a sice

- směrem na východ o jednu hodinu dopředu,
- směrem na západ o jednu hodinu dozadu.

Datová hranice (na obrázku zvýrazněna červeně), je hranice v oblasti Tichého oceánu, po jejímž překročení si cestovatel musí změnit datum a sice tak, že při přechodu

- od západu na východ si jeden den připočítává
- od východu na západ si jeden den odečte.



Světový čas (UT) – platí pro časové pásmo, které je určeno nultým poledníkem (Greenwich)

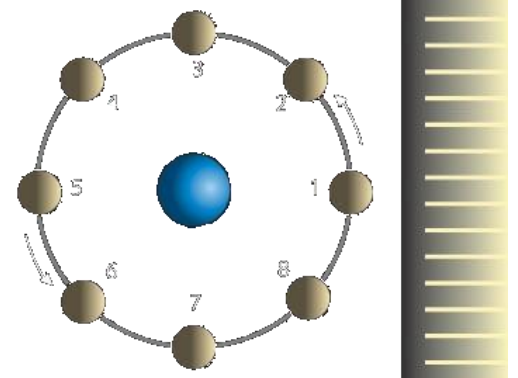
Středoevropský čas (SEČ) – platí pro časové pásmo, které je určeno 15° poledníkem východní délky.
 $SEČ = UT + 1 \text{ h}$.

Letní středoevropský čas (SELČ) – zavedl se ve dvacátém století z energetických důvodů kvůli úspoře energie.
 $SELČ = UT + 2 \text{ h}$.

2.5. MĚSÍC

- počátkem 70. let byla vytvořena teorie, která pokládá vznik Měsíce za důsledek srážky (asi před 4,5 miliardami let) Země s tělesem o velikosti Marsu rychlostí asi 30 000 km/h
- odvrácená strana „temná strana“ je odříznuta od radiové komunikace se Zemí
- nemá atmosféru
- střední vzdálenost Měsíce od Země je 384 403 km.
- vzdaluje od Země rychlostí asi 38 mm za rok (Tak rychle rostou nehty.)
- nejvýznačnějšími útvary na povrchu jsou světlé „pevniny“, tmavá moře (mare) a kruhové krátery po dopadech meteoritů.
- teplota na povrchu za měsíčního dne dosahuje 117 °C, za noci je – 180 °C
- měsíční rovníkový průměr – 3 476 km.

- **Synodický měsíc** – dosažení stejné fáze. Jeden oběh kolem Země – 29,5 dne.
- **Siderický měsíc** – je doba úplného oběhu vzhledem ke hvězdám, trvá asi 27,3 dne. Rozdíl mezi nimi je způsoben tím, že v průběhu oběhu urazí Země i Měsíc určitou vzdálenost na orbitě kolem Slunce.
- **Měsíční fáze** se rozlišují podle toho, jak velkou část Měsíce ozářenou Sluncem můžeme pozorovat ze Země. Během jedné otočky kolem Země za 29,5 dne rozlišujeme
 - **Nov.** Měsíc je k Zemi přivrácen neosvětlenou stranou.
 - **První čtvrt'**. Měsíc má tvar písmene D, říká se, že dorůstá.
 - **Úplněk.** Měsíc je k Zemi přivrácen osvětlenou stranou.
 - **Poslední čtvrt'**. Měsíc má tvar písmene C, říká se, že couvá.



V latině se přitom fáze dorůstání označovala jako *cresco* (rostu), fáze ubývání jako *decreasco* (zmenšuji se). V latině tedy tvar Měsíce ukazoval na opačnou fázi, a proto byl Měsíc nazýván největším lhářem (*Luna mendax maximus*). Fáze lze pozorovat také u jiných těles sluneční soustavy, např. u planety Venuše

- 1969 přistáli **Neil Armstrong** a **Edwin Aldrin** v rámci programu Apollo 11

Librace Měsíce

Doba oběhu měsíce kolem Země a doba rotace jsou stejně dlouhé (1 měsíc). Říkáme, že Měsíc má vázanou (synchronní) rotaci.

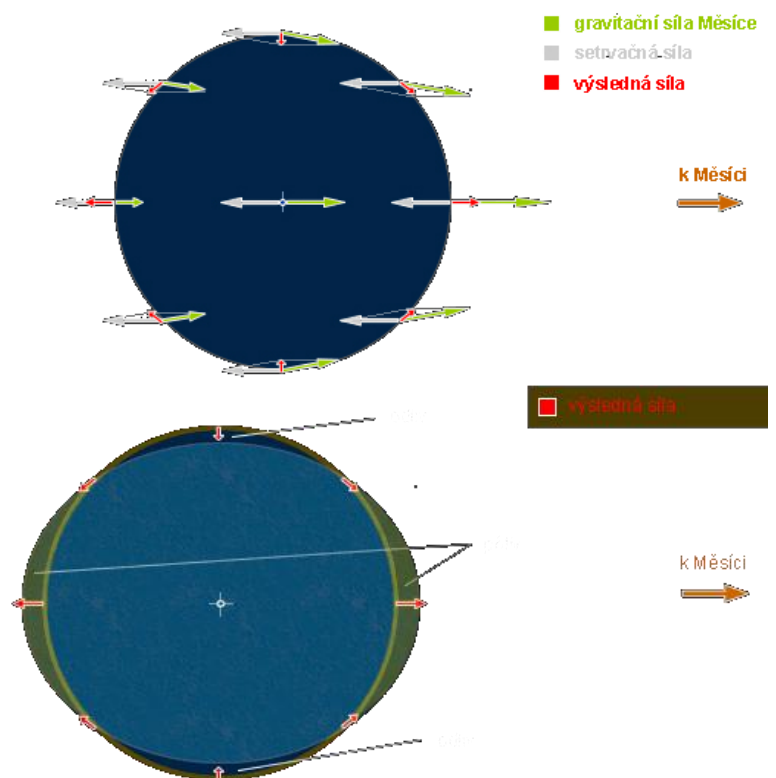
Můžeme pozorovat více než 50 % povrchu Měsíce neboť jeho pohyb kolem Země je komplikovaný a dochází k několika kývavým pohybům – **libracím**.

- Když je Měsíc v perigeu (přízemí), jeho rotace je pomalejší než pohyb po oběžné dráze, což nám umožňuje vidět asi 8 stupňů délky z jeho východní (pravé) strany navíc. Když se Měsíc dostane do apogea (odzemí), jeho rotace je rychlejší než pohyb po oběžné dráze, což odkrývá dalších 8 stupňů délky z jeho západní (levé) strany. To se nazývá **optickou librací v délce**.
- Protože je měsíční orbita nakloněna k zemskému rovníku, Měsíc se zdá oscilovat nahoru a dolů (podobně jako lidská hlava, když pokyvuje na souhlas). Tento jev se nazývá **optická librace v šířce** a odkrývá pozorovateli z polárních oblastí Měsíce přibližně 7 stupňů šířky.
- Protože je Měsíc vzdálen jen asi 60 zemských poloměrů, pozorovatel na rovníku vidí Měsíc v průběhu noci ze dvou bodů vzdálených od sebe jeden zemský průměr. Tato vlastnost se nazývá **optická librace paralaktická** a odkrývá asi 1 stupeň měsíční délky.

Slapové jevy

- Gravitační přitažlivost, kterou Měsíc ovlivňuje Zemi, je příčinou **slapových jevů**, které jsou nejlépe pozorovatelné na střídání mořského přílivu a odlivu. Přílivová vlna je synchronizována s oběhem Měsíce kolem Země.

Také gravitační síla Slunce ovlivňuje slapové jevy na Zemi. Je-li Země, Měsíc a Slunce v jedné přímce, je příliv obzvláště vysoký (**příliv skočný**), neboť gravitační působení obou těles se sčítají. Tato konstelace nastává při úplňku, nebo při novu. Naopak v době první a poslední čtvrti, kdy je úhel mezi směrem ke Slunci a směrem k Měsíci pravý, jsou slapové jevy slabší, neboť síly se částečně vyruší.



Nejvyšší příliv je v zálivu Fundy na východu Kanady, až 16 m.

Země a Měsíc obíhají okolo těžiště, které leží asi 4 700 km od zemského středu (asi 3/4 cesty k povrchu). Měsíc obíhá Zemi proti směru hodinových ručiček a Země obíhá Slunce také proti směru hodinových ručiček.

Zatmění Měsíce

je astronomický jev, Měsíc je zastíněn planetou Zemí.

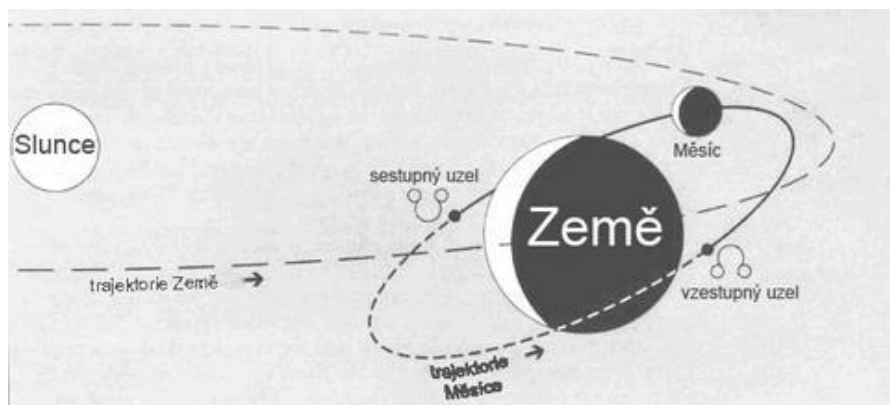
Nastává při úplňku, pokud se Slunce, Země a Měsíc ocitnou v jedné přímce.

Měsíc se ve stínu Země

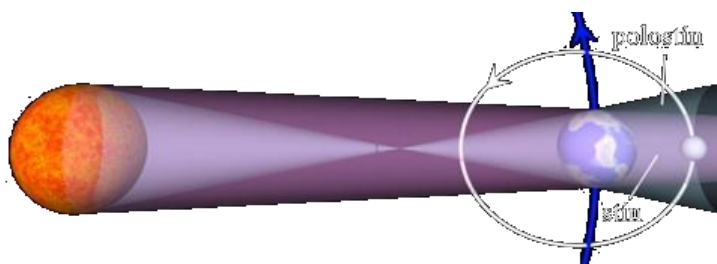
pohybuje rychlostí přibližně 1 km/s, a zatmění tak může trvat až 107 minut.

Jde o běžněji pozorovatelný jev než zatmění Slunce.

Zatmění Měsíce nastává přibližně dvakrát až třikrát do roka.



- **polostínové zatmění** – žádná část Měsíce není zcela zastíněna Zemí, je velice těžko pozorovatelné, Měsíc prochází polostínem Země

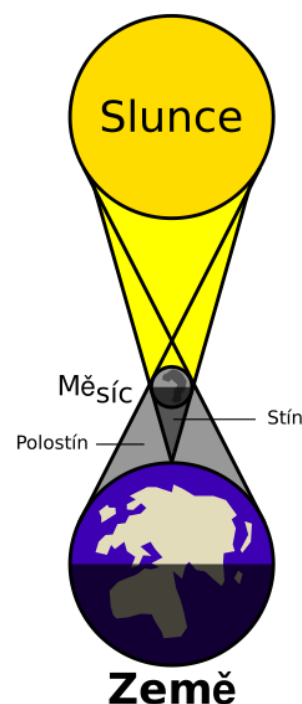


- **částečné zatmění** – část povrchu Měsíce je zcela zastíněna Zemí
- **úplné zatmění** – celý Měsíc je zcela zastíněn Zemí

Zatmění Slunce je astronomický jev, který nastane, když Měsíc (jen pokud je v novu) vstoupí mezi Zemi a Slunce, takže jej částečně, nebo zcela zakryje. Na části Země, kde je zatmění pozorováno, dochází k výraznému setmění, ochlazení, kolem černého středu slunce je vidět výrazná záře sluneční koróny, objeví se hvězdy i některé planety.

Každý rok dojde ke 2 až 5ti případům, které jsou pozorovatelné z povrchu Země, pro jedno určité místo k tomu však dochází průměrně jen jednou za 360 let.

Zatmění trvá jen několik minut, oblast, podél které je úplné zatmění možno pozorovat, nebývá širší než 270 km; zasažena je přibližně jen jedna setina zemského povrchu.



Druhy zatmění Slunce

- **Úplné zatmění** – Měsíc zcela zakryje Slunce. Velmi jasný sluneční disk je nahrazen černou plochou Měsíce a koróna, která má mnohem menší jas a za normálních okolností není vidět, je pozorovatelná. Je pozorovatelné jen z oblasti Země, které se říká pás totality. Je to vzácný jev, který je možný díky tomu, že Slunce, které je 400* větší než Měsíc je také 400* dále od Země a navíc Měsíc i Země obíhají po eliptických drahách. Tyto dráhy všechna tři tělesa občas přivádějí do takového postavení, kdy je zakryt právě celý sluneční kotouč.
- **Prstencové zatmění** je možné pozorovat, když Slunce a Měsíc jsou v jedné přímce, ale zdánlivá velikost Měsíce je menší než velikost Slunce. Z tohoto důvodu je ze Slunce vidět velmi jasný prsteneček, nebo mezikružší okolo Měsíce.
- **Částečné zatmění** se objevuje, když Slunce a Měsíc nejsou přesně v přímce, takže je Slunce zakryto jen z části. Toto zatmění je pozorovatelné z mnohem většího území a některá zatmění jsou pozorovatelná pouze jako částečná, protože oblast plného stínu leží mimo povrch Země.
- **Kombinované (hybridní) zatmění** je vzácný stav, kdy z jednoho místa se zatmění jeví jako úplné a z jiného jako prstencové.

Zatmění Slunce hrálo významnou roli při dokazování obecné teorie relativity. Umožnilo pozorovat efekt gravitační čočky (ohyb světla v gravitačním poli), který teorie předvídala a tak ji umožnilo pozorováním potvrdit.

3. HVĚZDY

3.1. Základní pojmy

Hvězdy

- kosmické objekty takové hmotnosti, že v nich vzplanuly termonukleární reakce
- mají kulovitý tvar, ve kterém je udržuje gravitace.
- představují dominantní složku svítící hmoty ve vesmíru
- gravitačně jsou vázány v galaxiích (v jedné galaxii asi kolem 100 miliard)
- silnější vazby se vyskytují v tzv. hvězdných asociacích nebo hvězdokupách (vždy ovšem v rámci galaxie)
- Zemi nejbližší hvězda je Slunce

3.2. Charakteristiky hvězd

Charakteristické veličiny

Většina fyzikálních veličin se u hvězd vyjadřuje v jednotkách vztažených ke Slunci. Takové jednotky se označují astronomickým symbolem Slunce, např. M_{\odot} nebo M_S .

Rozdělení

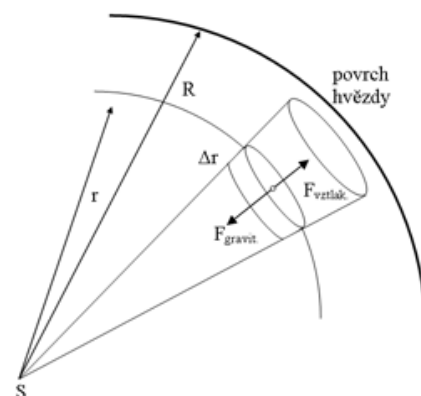
Vnitřní charakteristiky

- centrální teplota

Postupnou přeměnou H na He se pozvolna zvyšuje střední hmotnost částic plynu a mění se také hustota ρ . Chemické změny v nitru hvězdy vedou ke zvyšování centrální teploty T_c .

- centrální tlak

Ve stabilní hvězdě musí platit v každém místě jejího nitra rovnováha mezi gravitační silou a silou vztlakovou. Říkáme, že hvězda je v hydrostatické rovnováze. Na vztlakové síle se podílí zejména tlak plynu. V nitru velmi žhavých hvězd se uplatní také tlak záření.



Vnější charakteristiky dělíme na:

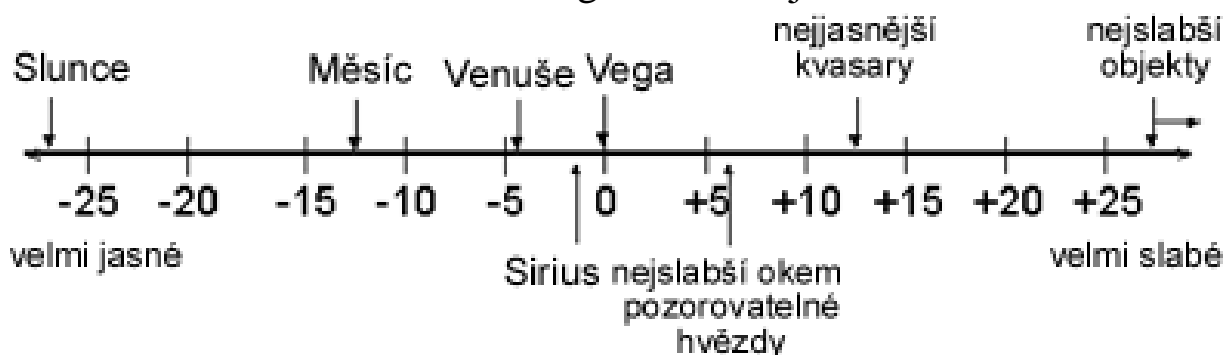
- relativní (vzdálenost a hvězdná velikost), protože závisí na poloze pozorovatele
- absolutní

- hmotnost (značka M , rozměr kg) od $0,08 M_S$ do cca $150 M_S$.

Podle tohoto parametru lze mimo jiné zjistit délka života hvězdy.

- hvězdná velikost, též magnituda (značka m , bezrozměrná veličina) – fotometrická veličina, která udává jasnost objektu (světelného zdroje) na obloze hlavní jednotka jasnosti je 1 magnituda = 1 mag.

Hvězdná velikost se zmenší o 5 mag, vzroste-li jasnost stokrát.



- Absolutní hvězdná velikost, též absolutní magnituda (značka M) - Není závislá na vzdálenosti od Země (na rozdíl od magnitudy). Je to magnituda, pozorovatelná 10 pc od hvězdy (čili 32,6 světelných roků)

- **Zářivý výkon**, někdy nesprávně „svítivost“ (značka L, rozměr W), obvykle v jednotkách (tzv. nominálního Slunce) $L_S = 4 \times 10^{26} \text{ W}$
– celková energie vyzářená ve všech vlnových délkách za jednotku času
Zářivý výkon hvězdy závisí na její hmotnosti.

Povrchová teplota (značka T, jednotka K).

S ní souvisí dominantní barva vyzářovaného světla. Tzv. Spektrální typ

Třída	Povrch. teplota (K)	Barva hvězdy	Typ hvězdy	Příklady hvězd	Hmotnost * (M_S)	Poloměr * (R_S)	Zářivý výkon * (L_S)
O	50000 - 30000	modrá	modří nadobří	<u>ζ Pup</u> , <u>δ Pup</u> , <u>ζ Ori</u>	20 - 50	15	1 400 000
B	30000 - 11000	modrobílá	nadobří, bílí trpaslíci	<u>Regulus</u> , <u>Rigel</u> , <u>Spica</u> , <u>Sirius B</u>	3,2 - 17	7	20 000
A	11000 - 7500	bílomodrá	nadobří, bílí trpaslíci, hvězdy hl. posl.	<u>Deneb</u> , <u>Castor</u> , <u>Vega</u> , <u>Altair</u> , <u>Sirius A</u> , <u>Prokyon B</u>	1,8 - 3,2	2,5	80
F	7500 - 6000	žlutobílá	nadobří, hvězdy hl. posloupnosti	Canopus, Polárka, Procyon	1,2 - 1,7	1,3	6
G	6000 - 5000	žlutá	nadobří, hvězdy hl. posloupnosti	Slunce, Capella	0,8 - 1,1	1,1	1,2
K	5000 - 3500	oranžová	červení nadobří, červení obří, hvězdy hl. posloupnosti	Pollux, Arktur, Dubhe (α UMa)	0,6 - 0,8	0,9	0,4
M	3500 - 3000	červená	červení nadobří, červení obří, červení trpaslíci	Mira Ceti, Betelgeuse, Antares Barnardova hvězda, Proxima Centauri,	0,008 - 0,05	0,4	0,04

Pro zapamatování písmen ve správném pořadí, existují říkanky.

Anglická: "Oh Be A Fine Girl/Guy Kiss My Lips."

A česká: „Ó Bud’ Aspoň Frajere Galantní Ke Mně.“

- **Vzdálenost** (značka většinou r, jednotka ly nebo pc).

- **Poloměr** – vzhledem k velkým vzdálenostem se i největší hvězdy jeví jako bodové zdroje.

Lidské oko dokáže rozlišit dva svítící body v úhlové vzdálenosti asi $1'$, pozemský dalekohled o průměru objektivu 6 m může mít teoretickou rozlišovací schopnost $0,02''$, avšak úhlový průměr nejbližších obřích hvězd Antares a Betelguese (*Je to červený veleobr v zimním souhvězdí Orionu*) je řádově $0,01''$. Tak malé úhly lze měřit jedině interferenčními metodami.

Sluneční poloměr R_S je vzdálenost od středu Slunce k povrchu sluneční fotosféry. $R_S = 695\,997$ km.

- **Doba rotace** – lze určit pomocí Dopplerova jevu

// **Dopplerův jev** popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného oproti vysílanému signálu, způsobenou nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. V astronomii se Dopplerův jev projevuje posuvem spektrálních čar vyzařovaných vesmírnými tělesy.

Pokud se tato tělesa vzdalují od Země, lze pozorovat takzvaný **rudý posuv**.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$



Opakem je **modrý posuv**, ke kterému

dochází, když se vysílač přibližuje k pozorovateli.

Vlnová délka bude z pohledu přijímače kratší.



Při vyšších rychlostech se však projevuje i

dilatace času, je proto třeba brát v úvahu relativistický Dopplerův jev.

- **Rychlost pohybu** – vzhledem k jiným hvězdám

- **Chemické složení** –průměrné složení látky ve hvězdě.

vodík (téměř 80 % všech atomů), helium (téměř 20 %).

ostatní prvky dohromady představují asi 2 % všech atomů ve vesmíru

Chemické složení není konstantní, ale s časem se mění.

Rozpětí základních charakteristik

Rozpětí od $0,075 M_S$ (červení trpaslíci – Gliese 623 B)

hmotností: do $60 M_S$ (hmotní „modří“ veleobři –Plaskettova hvězda)

Rozpětí od 12 km = $1,7 \cdot 10^{-5} R_S$ (neutronové hvězdy)

poloměrů: až po $2\,000 R_S$ (červení veleobři – VV Cephei, μ Cephei)

zářivých od $1,5 \cdot 10^{-5} L_S$ (červení trpaslíci – Gliese 623 B)

výkonů: až $10^7 L_S$ (velmi hmotné nestacionární hvězdy typu Pistole, η Carinae)

efektivních od $2\,500$ K u červených trpaslíků a obrů

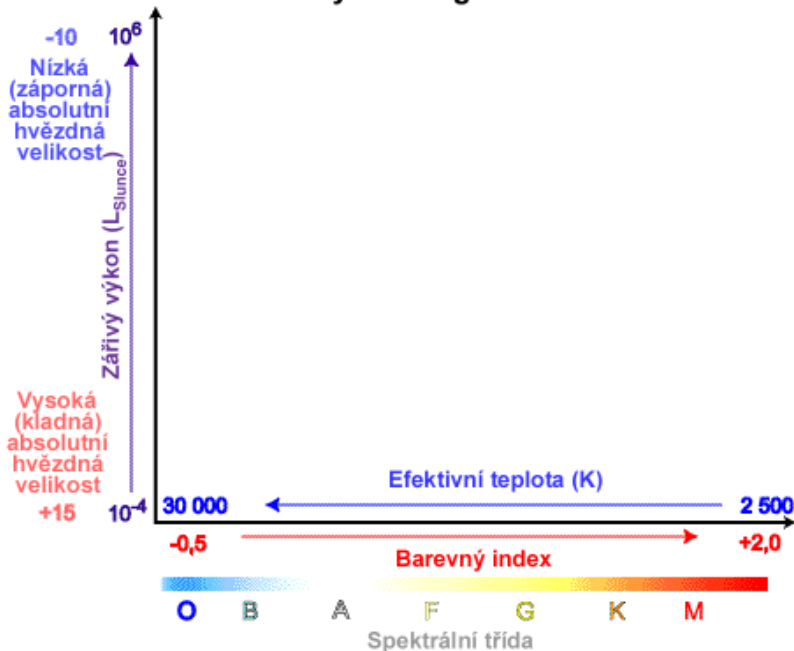
teplot: až po stovky tisíc kelvinů v případě jader planetárních mlhovin.

Chemické složení: pozorování jsou bezprostředně přístupny jen svrchní vrstvy hvězd, jejichž složení zpravidla odpovídá složení zárodečné mlhoviny, z níž hvězdy vznikly. Vodík a helium zde mají zhruba stejné relativní zastoupení jako na Slunci, markantní rozdíly jsou v obsahu těžších prvků: od téměř 0 % u nejstarších hvězd v kulových hvězdokupách až po 5 % u příslušníků tzv. extrémní ploché složky Galaxie. Připomeňme, že Slunce obsahuje zhruba 2 % těžších prvků.

HR diagram – Hertzsprungův – Russellův diagram

- závislost mezi absolutní hvězdnou velikostí a spektrální třídou hvězd byla nalezena dánským astronomem **Ejnarem Hertzsprungem** již roku 1905
- vynesení do diagramu, jak ho chápeme v současnosti, je dílem amerického astronoma **Henryho Russella** z roku 1913

Osy HR diagramu



Vodorovná osa

- nejvyšší teplota je vlevo
- barevný index (B – V), od záporných hodnot (modrá), do pozitivních hodnot (červená)
- spektrální třídy

Svislá osa

- zářivý výkon hvězdy
 - absolutní hvězdná velikost (nižší nebo více záporná hodnota znamená hvězdu s vyšším zářivým výkonem)
- Nejjasnější hvězdy jsou v horní části HR diagramu.

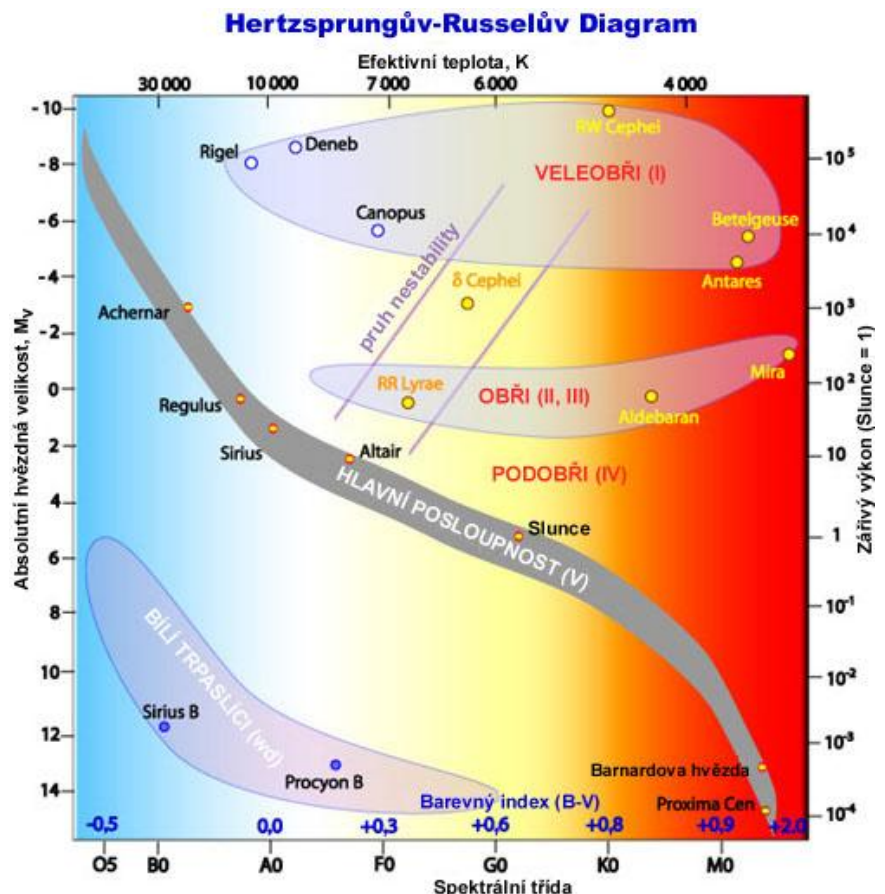
Z diagramu je možné vyčíst hmotnosti, teploty, stáří hvězd a jejich další vývoj.

Šikmo procházejí diagramem osy velikostí hvězd.

Jsou viditelné oddělené skupiny hvězd: veleobři, obři, hlavní posloupnost a trpaslíci.

hlavní posloupnost – nejpočetnější skupina hvězd

- probíhá úhlopříčně diagramem
- patří do ní hvězdy, které jsou v nejlepších letech svého života (modří obři, žluté hvězdy typu Slunce a červení trpaslíci)
- mění ve svých jádrech vodík na helium.
- patří sem asi 90 % všech hvězd.



větev obrů

- hvězda se stane obrem, když
 - spálí vodík
 - v héliovém jádře se zapálí 3 α cyklus (He \rightarrow C)
 - zvětší svůj objem
 - přitom klesne její povrchová teplota
 - ale zvýší se zářivý výkon

veleobři

- velmi hmotné a zářivé hvězdy
- nacházející se na konci svého aktivního života
- velice vzácné hvězdy – na 1 milion hvězd připadá jeden veleobobr
- nejbližší veleobr *Canopus* se nachází ve vzdálenosti 310 světelných let.

podobři

- hvězdy, které se postupně stanou obrem nebo veleobrem.
Alnair a Muphrid, Procyon
- poté co se stanou rudým obrem během své fáze spalování hélia, odhodí své vnější vrstvy a ty vytvoří **planetární mlhovinu**
- na místě původní hvězdy zůstane neaktivní jádro skládající se převážně z C a O

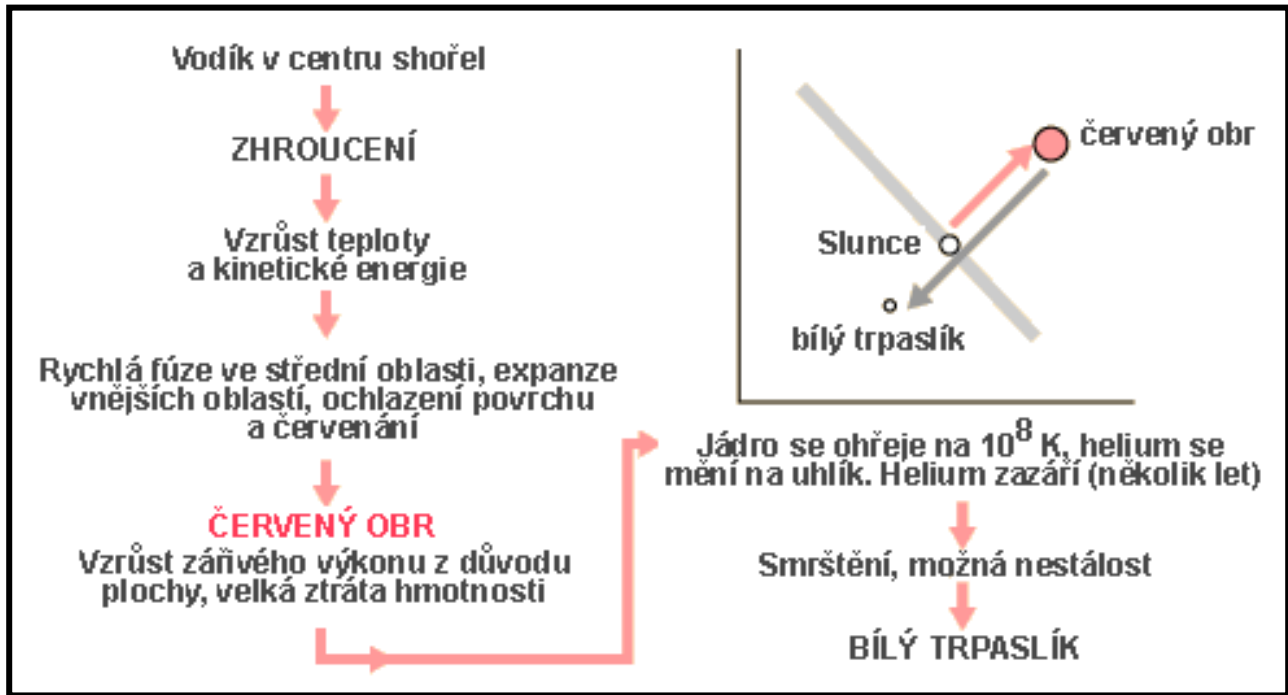
bílý trpaslík

- vzniká zhroucením hvězdy o průměrné nebo podprůměrné hmotnosti (nejsou dostatečně hmotné, aby dosáhly ve svém jádře teplot potřebných k fúzi uhlíku)
- maximální hmotnost bílého trpaslíka, po jejímž překročení již degenerační tlak není schopen odolat gravitaci, je asi $1,4 M_{\odot}$.
- bílý trpaslík, který přesáhne tuto hodnotu obvykle přenosem hmoty ze svého hvězdného průvodce, exploduje jako supernova, pokud se tak nestane, ochladí se za stovky miliard let natolik, že již nebude viditelný a stane se **černým trpaslíkem**
- zajímavou vlastností bílých trpaslíků je jejich pomalá rotace

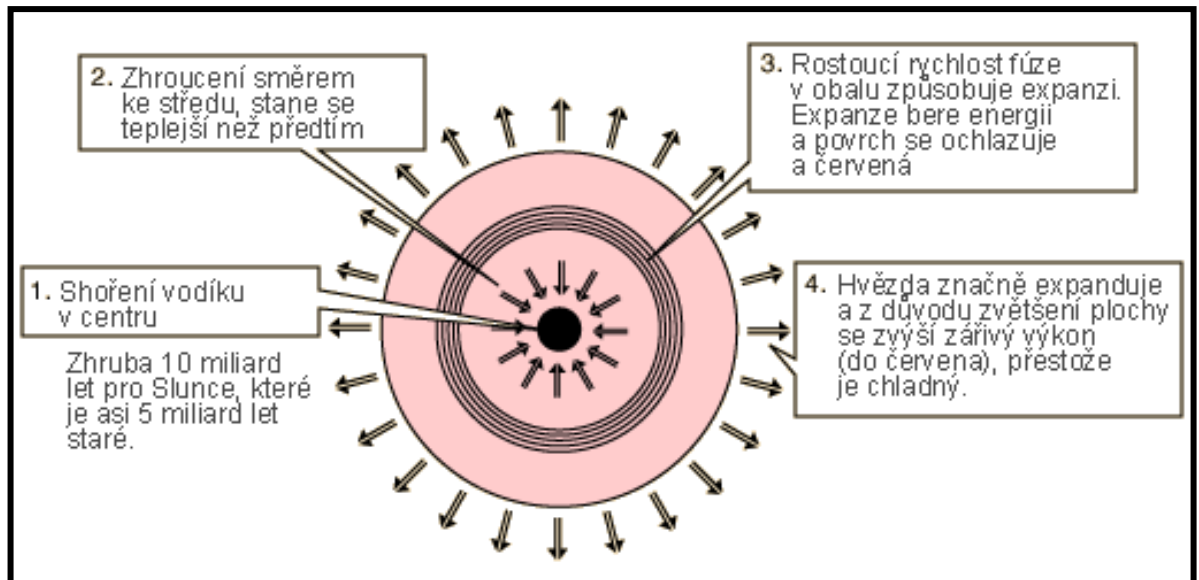
Červení obři

- pro hvězdy s hmotností menší než $4 M_{\odot}$ platí, že vyčerpání vodíku v centru spustí rozpínání hvězdy do podoby červeného obra.
- je to červená hvězda,
 - má vysoký zářivý výkon
 - absolutní hvězdná velikost je kolem 0 mag
 - povrchová teplota asi 3 500 K
 - poloměr 10 – 100 poloměrů Slunce.
 - V HR diagramu jsou umístěny vpravo nahoře.

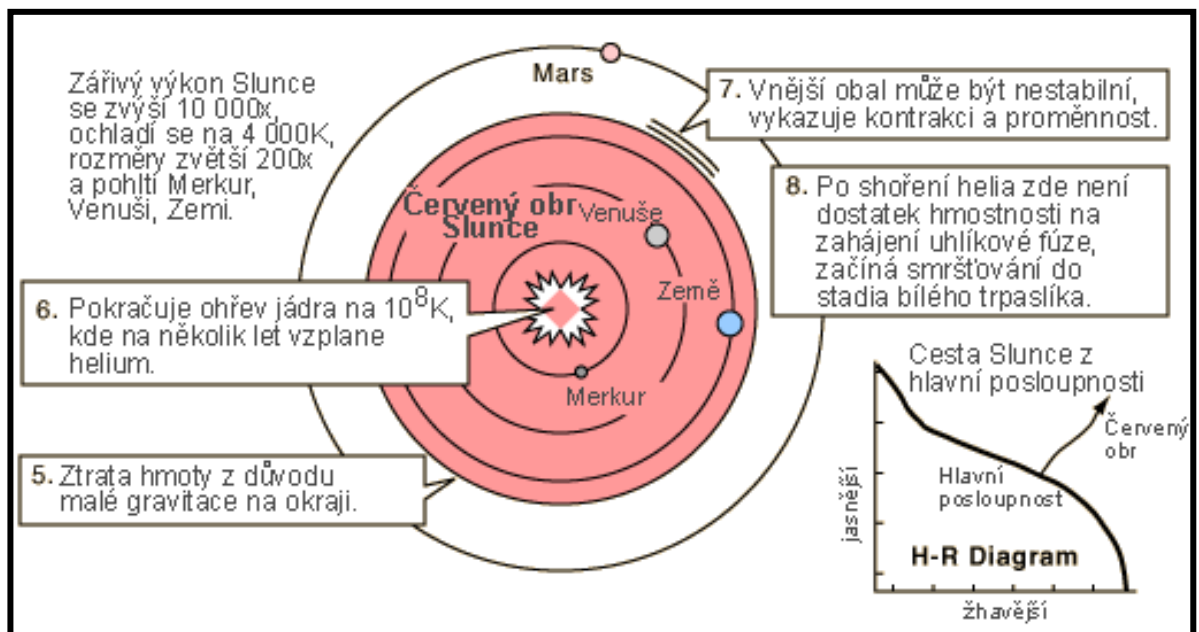
Očekávaná budoucnost Slunce



Červení obři



Slunce jako červený obr



3.3. Vznik a vývoj hvězd

Vznik hvězd

Hvězdy vznikají z oblaku složeného z molekulárního H, menšího množství He a ze stop jiných prvků.

Je to proces, který pokračuje až do současnosti. Důkazem jsou nejmladší hvězdy, typu O, B a T Tauri, v otevřených hvězdokupách nebo hvězdných asociacích, pozorovaných v 60. letech 20. století **V. A. Ambarcumjanem**.

Formování hvězd

Podmínky pro vznik hvězd v mezihvězdném oblaku: Oblak musí

- být stlačován
- ztratit nadbytečnou tepelnou energii
- snížit rychlost své rotace

Při smršťování se oblak zahřívá až dosáhne teploty při které se zapálí dílčí termojaderná reakce H.

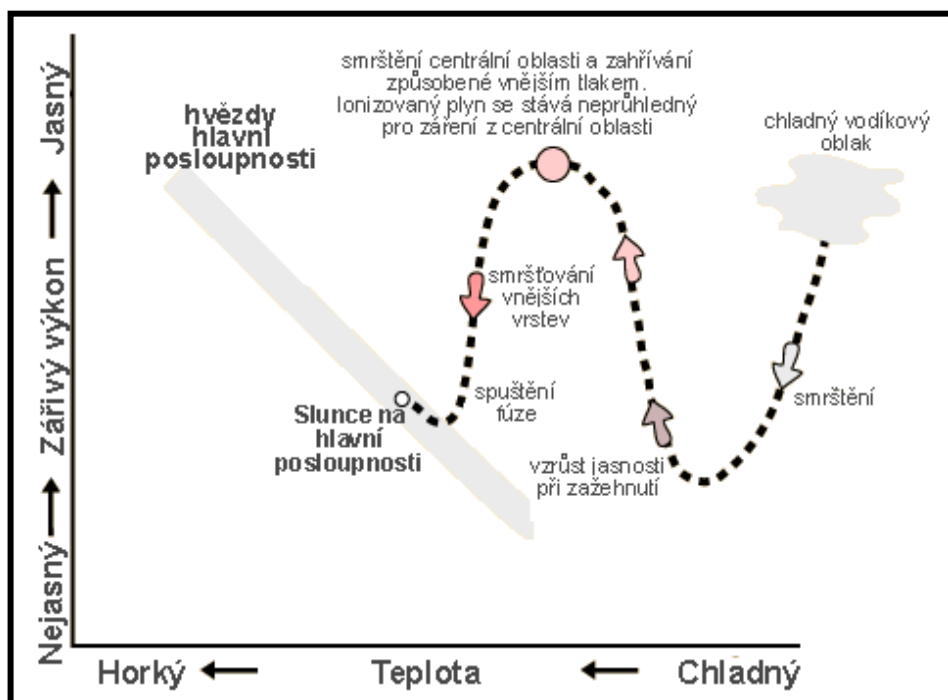
Dokud se hvězda smršťuje, silně září a je nad hlavní posloupností.

Na hlavní posloupnost dorazí v okamžiku, kdy se v ní zažehne vodíková termojaderná reakce.

Hvězdy na hlavní posloupnosti

stráví asi 85 % svého života. V tomto stádiu je pro ně charakteristické:

- energie je čerpána z termonukleární fúze
- poloha hvězdy na HP je téměř neměnná, závisí na hmotnosti a složení hvězdy (čím je M větší, tím větší je tlak i teplota a tím rychleji probíhají term. reakce) ($M_S - 10$ miliard let, $15 M_S - 10$ milionů let)
- horizontální změna polohy je možná pouze u těsných dvojhvězd, vertikální změna polohy je v průběhu vývoje běžná.

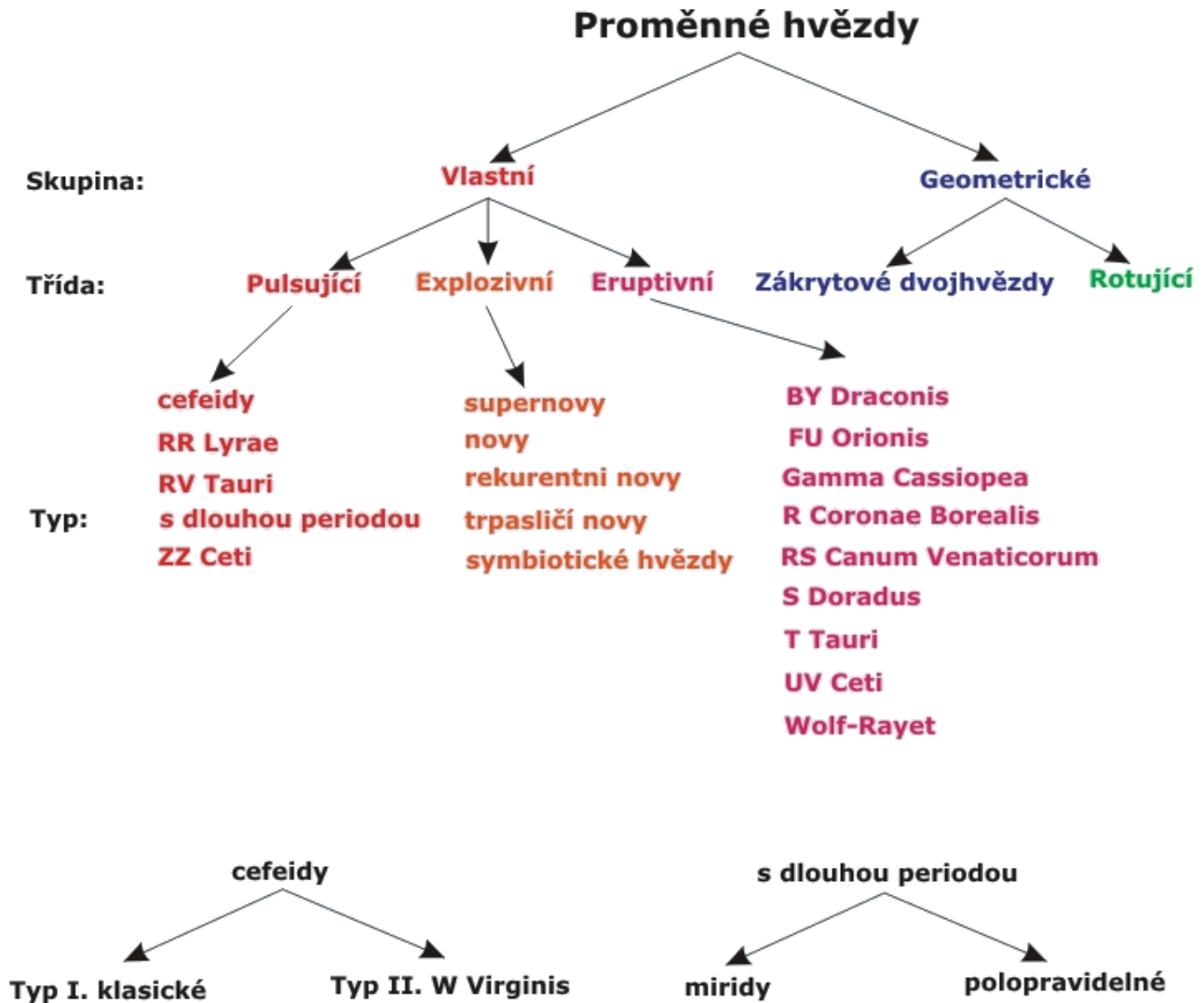


PROMĚNNÉ HVĚZDY

hvězdy, u kterých můžeme pozorovat nebo měřit změny jasnosti.

U těchto hvězd je pak proměnnost buď pravidelná nebo nepravidelná a je způsobována geometrickými nebo fyzickými změnami.

vlastní (skutečné) proměnné hvězdy, jedná se o změnu některé z jejich fyzikálních vlastností jako je radiální rychlost, povrchová teplota nebo spektrum.



Pulsující proměnné hvězdy

Proměnnost je způsobována periodickým rozpínáním a smršťováním hvězdy – pulsací, která je způsobována změnami hydrostatické rovnováhy hvězdy ve vnějších vrstvách hvězdy.

Eruptivní proměnné hvězdy

mají náhlé a znatelné změny v jasnosti zapříčiněné jejich aktivitou v chomoféře nebo koróně hvězdy.

Může být také doprovázena mohutnějšími hvězdnými větry nebo úniky hmoty.

Explozivní proměnné hvězdy

- **Symbiotické hvězdy**

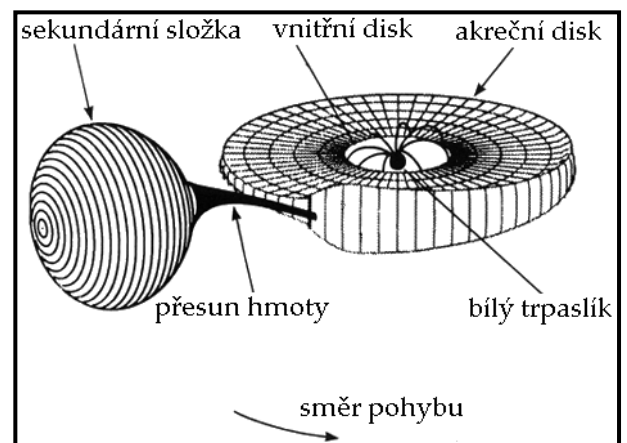
- **Supernovy**

- hvězdné stádium, při kterém je výbuchem uvolněno velké množství nahromaděné energie.
- Při výbuchu hvězdy dochází k nukleosyntéze, vznikají prvky, které stojí za železem, přičemž vzrůstá miliardkrát jasnost hvězdy.
- Rychlost, kterou je odvržena obálka hvězdy do mezihvězdného prostoru, může přesahovat hodnotu 10 000 km/s.
- Po výbuchu zůstává na místě původní hvězdy její zhroucené jádro. Toto jádro může být buď neutronovou hvězdou nebo černou dírou.
- Podmínkou pro výbuch supernovy je, když hmotnost degenerovaného jádra hvězdy přesáhne $1,4 M_{\odot}$
Tato mez může být ve hvězdě překročena dvěma způsoby.
Buď se v těsné dvojhvězdě nachází bílý trpaslík, který získává hmotu od svého hvězdného společníka (supernova typu I). Další možnost je, když hmotnost hvězdy je větší než $8 M_{\odot}$ (supernova typu II).

- **Novy**

- Nova je zkrácený název pro *Nova stella*, což znamená nová hvězda.
- je to hvězda, která náhle stokrát až tisíckrát zvětší svou jasnost. Pak září několik dní až měsíců a poté opět zhasíná. Cyklus se opakuje v rozmezí od stovek do desítek stovek let a proto byl u většiny nov pozorován doposud pouze jeden cyklus.

- V počátcích 60. let 20. stol. z pozorování vyplynulo, že novy jsou binárními systémy, které se skládají z hlavní hvězdy (**bílého trpaslíka**) a průvodce – (**rudého obra**). je natolik velký, že předává svou hmotu druhé hvězdě. Rychlou rotací je postupně dopadající hmotou na bílého trpaslíka vytvořen **akreční disk**.



- **Rekurentní novy**

- Záblesky se periodicky opakují v průběhu řádově desítek let.
- Pouze osm nov je známo jako rekurentní novy.
- Jedna z nich je v Magellanově mračnu.

Těsné dvojhvězdy

Členové dvojhvězdy jsou hvězdná dvojčata, zrodily se současně.

Vznik hvězd ve dvojhvězdách je výhodnější, než vznik samostatných hvězd. Vysvětlujeme si to tak, že dvojhvězdy elegantně odstraňují jednu z hlavních překážek, které stojí v cestě formování nových hvězd – kam s přebytečným momentem hybnosti. Ve dvojhvězdách se moment hybnosti, který by jinak zrodu hvězdy bránil, uloží do orbitálního pohybu složek.

ZÁVĚREČNÁ STÁDIA

Bílý trpaslík

Neutronová hvězda

- Vzniká jako pozůstatek po výbuchu supernovy.
- Vnější vrstvy jsou odmrštěny a zůstává jádro, kde se při obrovském tlaku začnou spojovat elektrony s protony a vzniknou neutrony, které zabírají méně místa.
- Má hmotnost větší než Slunce, ale průměr jen několik km.
- **He** → **C** → **He**
O → **Si** → **Fe, Ni**
Ne → **O, Mg**
- Teplota roste až překročí potřebnou hodnotu k zapálení termonukleární fúze **C**. Energie uvolňovaná hořením uhlíku opět zastaví další kontrakci jádra a nastane rovnovážný stav mezi silou gravitační a vztlakovou.
- **C** se časem vyčerpá – přemění se na **He, O a Ne**. Vztlaková síla záření poklesne, což vede k další kontrakci. Kontrakce vede k zahřívání jádra a vzrůstu tlakové síly záření až do doby, kdy se zažehne fúze **Ne**. Výsledkem fúze je **O a Mg**.
- Proces se opakuje – zapálení fúze **O** – výsledkem je **Si**
- Nakonec dojde i na fúzi **Si** za produkce **Fe a Ni**.

Těžší prvky klesají směrem do středu a lehčí stoupají k povrchu

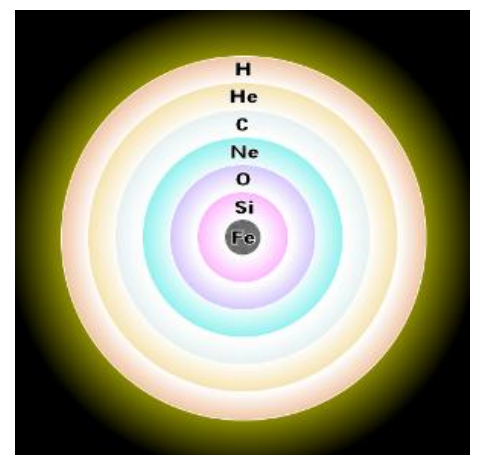
Výsledkem je rozdělení útrob hvězdy do slupek – v každé se nachází převážně pouze jeden prvek.

Termonukleární reakce následně probíhají nezávisle na sobě, každá v příslušné slupce. Jednotlivé slupky jsou udržovány v rovnovážném stavu.

Usazování trvá až do doby, kdy je jádro tvořené z **Fe a Ni**. Takové jádro s průměrem asi 10^3 km již dále nedokáže odolávat své vlastní gravitaci a velmi rychle se hroutí.

Přitom uvolní obrovské množství energie ($\sim 10^{42}$ J) v podobě neutrin, které rozfouknou implodující hmotu velkou rychlostí ($\sim 15\,000$ km·s⁻¹) do okolního prostoru.

Výsledkem je zrození neutronové hvězdy z hvězdného jádra a od ní se vzdalující obálky.



Pulsary jsou rotující neutronové hvězdy s periodou 1 s.

Jeden z nich je v Krabí mlhovině, kde podle čínských záznamů v r. 1054 vybuchla supernova. Krabí mlhovina je pozůstatkem odmrštěné obálky supernovy.

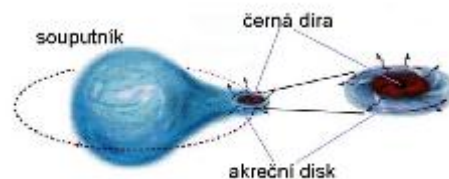
Magnetar je neutronová hvězda s velkou rychlostí rotace.

Generuje velmi silné magnetické pole, jehož siločáry se navzájem překrčují.

5. března 1979 zaznamenalo 9 družic, specializovaných na detekci gama záření, záblesk záření, který trval pouze 0,2 sekundy a nesl tolik energie, jakou by naše Slunce generovalo 1 000 let...

Černá díra

- Má-li hvězda i po všech ztrátách hmoty (rudý obr, supernova) stále ještě hmotnost větší než $2 M_{\odot}$, smršťování neustále pokračuje – tlak degenerovaných neutronů je příliš slabý.
- Látka dosahuje neomezených hustot.
- Gravitační pole na povrchu je tak silné, že neunikne ani světlo.
- Objekt nemůžeme vidět, ale víme o něm podle jeho gravitačních účinků.
- Vyzařuje (Hawkingovo záření) v souladu s povrchovou gravitací (jako by mělo vlastní teplotu).
- Obvyklým jevem, doprovázejícím černé díry, je akreční disk, z něhož nad póly tryská záření



Kromě černých děr vzniklých závěrečným kolapsem velmi hmotných hvězd známe i řadu obřích černých děr sídlících v centrech galaxií.

HVĚZDOKUPY

- jsou soustavy hvězd spolu fyzikálně souvisejících
- mající společný původ a řadu vlastností
 - původní chemické složení
 - společný pohyb prostorem atd.

kulové hvězdokupy

- obsahují mnoho velmi starých hvězd (statisíce až miliony)
- jsou nahuštěny poblíž středu
- zabírají přibližně kulový prostor, průměr – 50 - 150 světelných let
- nacházejí se v halu naší Galaxie.
- kompaktnost a velká celková hmotnost je důvodem jejich stability trvající miliardy let.

otevřené hvězdokupy

- neobsahují takové množství hvězd jako kulové, střed není hustě zaplněn
- jsou tvořeny mladými hvězdami, nepřežívají déle než několik milionů let
- Nacházejí se v centrální rovině naší Galaxie nebo v její blízkosti.

4. Galaxie

Galaxie je obrovský systém

- hvězd
- mezihvězdného prachu
- mezihvězdného plynu
- nezářivé hmoty.

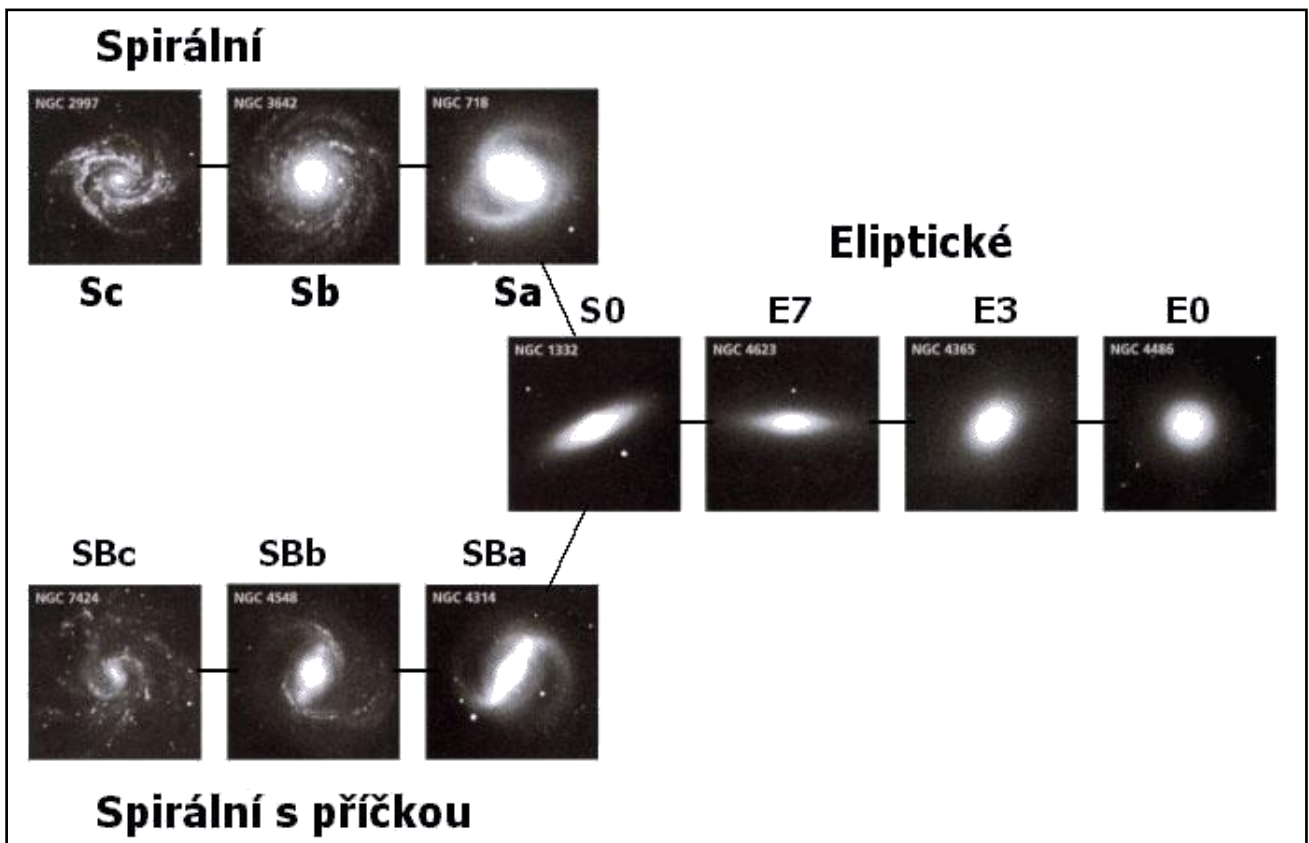
System je vázaný vzájemnou gravitací složek.

Galaxie se nám jeví na obloze jako mlhavé obláčky.

Proto byly dlouho považovány za mlhoviny.

Hrubý odhad ukazuje, že se v pozorovaném vesmíru (do 10 miliard ly) vyskytuje až 120 miliard galaxií.

Rozdělení – Hubbleovo schéma



Hubblův zákon (rudý posuv)

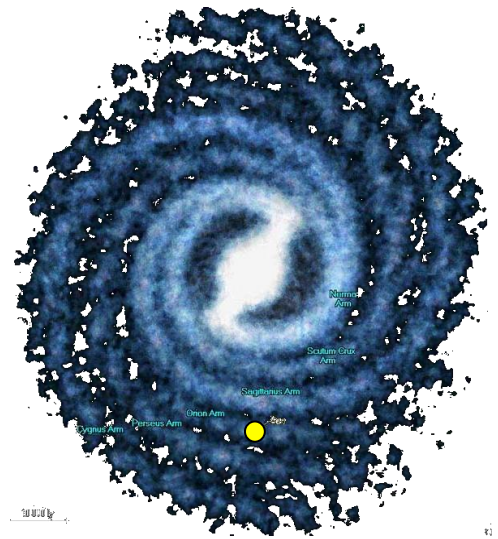
čím jsou galaxie dál, tím rychleji se od nás vzdalují.

V jejich spektru se čáry posunují směrem k červenému konci spektra.

4.1. Naše Galaxie

- na obloze je viditelná jako pruh podél ekliptiky – tzv. Mléčná dráha
- je jednou z galaxií, pouze ji vidíme z vnitřku – od Slunce
- průměr je přibližně 90 000 světelných let
- je to spirální galaxie s centrální příčkou a radiálními rameny, které začínají ve středu a vytváří spirálovitý tvar
- Slunce (a naše sluneční soustava) se otáčí kolem – galaktického středu, s periodou přibližně 220 milionů let, konstantní rychlostí.

Za svoji existenci tak vykonalo méně než 25 oběhů kolem středu Galaxie.



- poměrem tloušťky a průměru se podobá CD
- ve středu naší Galaxie se nachází černá díra o hmotnosti více jak 2 mil. M_{\odot}
Tento závěr se zakládá na pozorováních hvězd, které obíhají velice blízko galaktického středu.

- **galaktické halo** pravděpodobně elipsoidního tvaru, které je tvořeno starými hvězdami a kulovými hvězdokupami. Poloměr tohoto útvaru je 20 kpc (65 000 ly), halos = řeky zářící kotouč, svatozář
- **galaktická koróna** s poloměrem 100 kpc
- Je to kulový oblak řídkého plynu a obsahuje mnoho nezářící hmoty, (z gravitačních účinků lze odhadnout, že nezářící hmoty v Galaxii je asi 10x více než hmoty přímo pozorované ve světle či jiném druhu elmg. záření.)
- hmotnost Galaxie včetně galaktické koróny se odhaduje na (3-6) biliony M_{\odot}
- svou hmotností několikrát převyšují hmotnost spirálního disku a výdutě.
- **Spirální ramena** naší Galaxie obsahují mezihvězdnou hmotu, difúzní mlhoviny, mladé hvězdy a otevřené hvězdokupy, které se vytvořily z tohoto materiálu.
- **výdut'** obsahuje staré hvězdy a kulové hvězdokupy
- naše Galaxie má asi 200 hvězdokup, ze kterých jich známe 150.
Tyto kulové hvězdokupy jsou koncentrované směrem ke galaktickému středu.

