

**Otázka:** Hvězdná astronomie – Hvězdy a galaxie

**Předmět:** Fyzika

**Přidal(a):** Rudykopalsen

## Hvězdy a galaxie – Hvězdná astronomie

- Ostatní hvězdy (kromě Slunce) vidíme jako body -> můžeme zjistit omezené množství jejich vlastností – *zářivý výkon, zabarvení, povrchová teplota, chemické složení atmosféry* v příznivých případech také *hmotnost, poloměr, střední hustotu, dobu rotace, intenzitu magnetického pole* – **stavové veličiny** (popisovány čísly) – pomocí těchto veličin hledání souvislostí, časový vývoj, určení vnitřní stavby
- Hvězdy poznáváme díky **záření** (světlo, radiové vlny, infračervené, ultrafialové, rentgenové a gama)
- Používáme zjednodušené **modely hvězd** (např. jaká by mohla být vnitřní stavba hvězdy, pokud vezmeme v úvahu tohle pozorování a fyzikální zákony -> a jaké by mohlo být záření kdyby....) – jsou velice přesné, liší se o jednotky % oproti skutečnosti. Jelikož pozorujeme velký počet hvězd, tak můžeme porovnávat model v časových stádiích.
- **Dvojhvězdy** = dvě hvězdy obíhající okolo společného těžiště (trojčtyř/...hvězdy), jen necelá polovina jsou hvězdy osamocené (jako naše Slunce)
  - 2 možnosti jak rozeznat dvojhvězdu od hvězdy jednoduché:
    - **Zákrytové** = pro pozorovatele na Zemi se při oběhu zakrývají v pravidelných intervalech -> jasnost sílí a slábne
    - **Spektroskopické** = pravidelné posouvání čar spektra k červenému a zase k fialovému konci -> zdroj světla se přibližuje a vzdaluje -> vidíme jednu nebo dokonce obě složky
  - **Proměnné hvězdy** = hvězdy pravidelně měnící svou jasnost (hodiny, desítky dní)
  - **Novy** = zvláštní druh proměnných hvězd, náhle zvětší svoji jasnost a po několika desítkách dní ji ztratí a jasnost může být ještě menší než na začátku
  - **Supernovy** = hvězdy, které zvětší svoji jasnost (mnohem více než novy) a poté se začne hroutit ke středu (nastává při vyčerpání zásob svého jaderného paliva)

->**výbuch supernovy** ->důležité pro vesmír - vznik atomových jader těžkých prvků

## Charakteristiky hvězd

- **Hvězdná velikost**= pozorovaná (značka  $m$ , jednotka magnituda -mag)
  - Začal používat Hipparchos, každé hvězdě přiřadil hvězdnou velikost (nejjasnější první velikost, nejslabší šestá velikost) - nevěděli, že každá hvězda je jinak daleko
  - Dnes přesně definována pomocí zářivé energie, která dojde k Zemi.
  - **Slunce** má -26,8 mag
  - **Zářivý výkon** (jednotka  $W$ ) = množství záření, které k nám přichází, poměrujeme jeho energií
  - **Zářivý výkon L** (jednotka  $W$ ) = energie, kterou hvězda vyzáří za sekundu
  - **Slunce** =  $3,84 \cdot 10^{26} W$
- **Bolometrická jasnost (= hustota zářivého toku)** (značka  $j$ , jednotka  $W/m^2$ )
  - udává kolik zářivé energie projde za sekundu o obsahu  $1 m^2$
  
- **Paralaxa a vzálenost**= úhel, který svírají přímky vedené ze dvou různých míst v prostoru k pozorovanému bodu, Čím dále je pozorovaný předmět od pozorovacích míst, tím je paralaxa menší.
  - **Roční paralaxa** - bereme vzdálenost Země od Slunce, malý úhel, o který se zkoumaná hvězda posouvá během roku proti jiným
  - **Parsek** = vzdálenost, které odpovídá paralaxa  $1''$  (pc)
  - **Světelné roky** = dráha, kterou světlo urazí za rok (ly)
    - Zhruba  $1 pc = 3 ly$
  - **Absolutní hvězdná velikost** = hvězdná velikost, kterou by hvězda měla ve vzdálenosti pc od Země
  - **Spektrum** - nejdůležitější zdroj informací o stavu i pohybu hvězdy, pomocí Dopplerova jevu můžeme určit rychlost, jakou se hvězda od nás vzdaluje nebo k nám přibližuje
    - **Spojité spektrum** - černého tělesa, intenzita světla se s vlnovou délkou mění jen pomalu, tvar tohoto spektra závisí na teplotě (čím teplejší tím červená 4000K -> žlutá - bílá až namodralá přes 15 000K)
    - **Spektrální čáry** - světlo (fotony) vyzářené nižšími vrstvami atmosféry jde do vyšších a při tom se mění a v jeho spektru vznikají tzv. spektrální čáry =

- absorpční čáry**(tmavé na světlém pozadí), **emisní** (světlé na tmavém)
- **Spektrální typ** - dělení hvězd podle spektrálních čar, rozdíly ve spektrech jsou způsobeny rozdílnou teplotou atmosféry
  - **Teplota** - v jednotlivých vrstvách atmosféry, hvězdy je rozdílná
    - **Barevná** - určena v závislosti na barvě hvězdy
    - **Efektivní** - určena díky souvislosti se stejným zářivým výkonem stejně velkého černého tělesa
  - **Určování dalších stavových veličin**
    - Poloměr (pomocí nepřímých metod - na základě něčeho předpokládám něco a z toho vyleze něco...)
    - Hmotnost (velmi obtížná měření, potřebujeme v blízkosti jiné těleso pro určení -> např. můžeme určit hmotnosti složek dvojhvězdy)
    - Rotace (pomocí Dopplerova jevu určíme rychlost zářící látky, která se k nám na jedné straně přibližuje a na druhé vzdaluje, potřebujeme však znát i její poloměr a sklon osy k zornému paprsku)
    - Rychlost pohybu (určíme změnu polohy vzhledem k jiným hvězdám za určitý čas)

## Vznik a vývoj hvězd

- **HR diagram (Hertzsprungův-Russellův diagram)** - pojmenován podle astronomů, kteří ho v roce 1913 poprvé nakreslili
- **Vznik hvězd** - v místech obrovských chladných molekulových oblaků složených z  $H_2$ , He a jiných
  - **Hnědí trpaslíci** - je-li hmotnost MENŠÍ než 0,07 hmotnosti Slunce -> vznikne v jádru velmi hustá a téměř nestlačitelná látka - **degenerovaný plyn** -> zastavení dalšího smršťování, reakce se Nezažehnou a hvězda chladne a tuhne (známe několik stovek) -> až úplně vychladne, stane se z něj černý trpaslík
  - **Hvězdy hlavní posloupnosti** - je-li hmotnost VĚTŠÍ než 0,07 hmotnosti Slunce -> vznikne při smršťování ve středu teplota několika milionu stupňů Celsia -> jádra vodíku se spojují v jádra Helia -> zastavení smršťování a hvězda se pak už mění nesmírně pomalu
    - čím větší hvězdy, tím kratší dobu existují (rychleji spálí všechny vodík)
  - **Další vývoj a konečná stádia hvězd**
    - **Červení obři**-dokud je v okolí středu hvězdy dostatek vodíku, reakce tam dodržují vysokou teplotu a tlak -> jakmile část vodíku vyhoří, reakce se zpomalí (teplota, tlak sníží) a okolo vyhořelého jádra se vytvoří slupka,

která se znovu rozhoří -> hvězda se nafoukne na 100 násobek a zčervená

• **stejný osud čeká i naše Slunce**

- **při zániku hvězd** - vznik těžších prvků, ztráta až 90% hmoty a vznik degenerovaného plynu = atomy natěsnány tak, že elektronové obaly úplně splývají a elektrony volně přecházejí od jednoho jádra k druhému
- **Bílí trpaslíci** - je-li hmotnost hvězd MENŠÍ než 1,4 hmotností Slunce -> zůstane jen žhavá koule z degenerovaného plynu, neprobíhají zde žádné reakce -> za hodně dlouhou dobu se změní v černé trpaslíky
  - hmotnost srovnatelná se Sluncem, velikost se Zemí
- **Vznik nových jader** - při výbuchu supernov, tvoření jader těžších než železo (normálně při reakci v nitru hvězd NE)
- **Neutronové hvězdy** - pozůstatek nitra po výbuchu supernovy -> elektrony se spojují s protony a vznikají neutrony = neutronová látka (vydrží obrovský tlak) -> taková to koule se nazývá neutronová hvězda - větší hmotnost než Slunce, ale průměr jen několik kilometrů
- **Pulzary** = rychle rotující neutronová hvězda, zdroj radiového i světelného záření, který vysílá pravidelné pulzy dlouhé několik milisekund a vzdálené od sebe asi sekundu
- **Černé díry** = zhroucená hvězda s hmotností větší než 2 hmotnosti Slunce, látka padá blíž a blíž k sobě a dosahuje neomezených hustot, ani světlo nemůže uniknout (nemůžeme ho vidět, pouze dozvědět podle gravitačních účinků)
- **SHRNUTÍ:** Pravděpodobně velká většina hvězd skončí jako černí trpaslíci, menší počet jako neutronové hvězdy a ještě menší počet jako černé díry.

## Naše Galaxie

- **Mléčná dráha** (podle vzhledu)
- **Galaktický disk** - galaxie nesahá do nekonečna, galaxie tvoří „oblak,, , ve kterém hvězdy obíhají kolem společného těžiště, tvar plochého disku (my jsme ve vnější části)
- **Spirální ramena** - v galaxie kromě hvězd spoustu hvězdného prachu, který zeslabuje světlo -> radiovým vlnám nevadí -> zjistila se existence několika spirálních ramen, které skládají naši galaxii
  - Větší hustota mezihvězdné hmoty než mezi rameny -> vznik nových hvězd
- **Galaktické jádro** - střed galaxie s velkou hustotou hvězd a mezihvězdné látky, také se zde nachází malý intenzivní zdroj radiových vln -> pravděpodobně černá díra
- **Kulové hvězdokupy** - seskupení statisíců až milionů hvězd, které se gravitačně

přitahují, cca 200 v naší galaxii

- **Galaktické halo** - hvězdokupy v kouli, která obsahuje celý galaktický disk -> této kouli se říká halo
- **Mezihvězdná látka** - plyn a prach - velmi řídká látka
  - někde se zhušťuje **vmezihvězdná oblaka** (osvětlená vidíme jako světlé mlhoviny, jiná vidíme jako tmavá místa bez hvězd) - pestré složení (H, C, N, O, OH, CN, CO, kyselina mravenčí, aminokyseliny,...)
    - chladná molekulová oblaka - pravděpodobně zde vzniká většina hvězd
  - **Kosmické záření** - z mezihvězdného prostoru přichází kladně nabitě částice -> proletí zemským mag. polem -> atmosféra - většina zabrzdí -> některé projdou až na zemský povrch a některý i pod zem - tento proud se nazývá kosmické záření
  - **Skrytá hmota** - hmotnost galaxie je větší než hmotnost všeho co vidíme -> existence skryté hmoty (možná černá díra nebo dnes neznámé elementární částice - nic však není přijato)

## Jiné galaxie

- Nerozeznatelné od oblaků plynu a prachu
- Obrovské vzdálenosti
- **Cefeidy** - pulzující proměnně hvězdy, závisí na zářivém výkonu, pomůcky pro určování vzdáleností - pozorováním blízkých (můžeme určit vzdálenost a tím i jejich absolutní hvězdnou velikost) -> porovnávání pomocí matematického vztahu
- **Kupy (tisíce) a nadkupy (statisíce) galaxií** - podobně jako hvězdy se galaxie seskupují (kdyby galaxie bylo mince, tak mezery mezi galaxiemi jsou metry)
- **Skrytá hmota** - stejný problém jako v Mléčné dráze, jen o mnoho větší
- **Hubbleův zákon**
  - Edwin Hubble - jako první určil skutečné vzdálenosti galaxií - čím jsou vzdálenější, tím rychleji se vzdalují - červený posuv (spektrální čáry jsou posunuty směrem k červené)
  - **Rychlost, kterou se od nás vzdalují, je přibližně přímo úměrná jejich vzdálenosti.**
  - H - Hubbleova konstanta ( $v = Hr$ )
- **Kvazary** - hvězda vzdalující se nevídanou rychlostí, astronomové se shodují, že platí Hubbleův zákon -> obrovské množství energie a jsou to nejvzdálenější objekty co známe -> v jádru kvazaru je obrovská černá díra

## Kosmologie (zabývá se vznikem a vývojem vesmíru)

- **Obecná teorie relativity**
- **Rozpínání vesmíru** - vesmír se musí buď smršťovat nebo rozpínat, astronomové se shodují, Hubble dokázal
- **Velký třesk** - bylo období kdy všechna hmota vesmíru byla namačkána těsně u sebe a pak začlo rozpínání
  - cca před 13,8 miliardy let (podle Hubbleovi konstanty)
  - mnoho důkazů o skutečnosti této události
- **Stáří vesmíru** - neumíme říci, co bylo před velkým třeskem
  - považujeme stáří vesmíru 14 miliard roků
  - ostatní odhady se také přibližně shodují
- **Reliktní záření** - na Zemi dopadá ze všech stran radiové záření - shoduje se s teorií, že krátce po velkém třesku byla teplota tak vysoká, že se látka skládala z ionizovaných atomů a volných elektronů. Elektrony vyzařovaly a opět pohlcovaly elmag. záření o stejné teplotě jakou měly samy -> jak vesmír chladl, tak se elektrony spojily s ionty na atomy a schopnost záření se snížila
  - objev reliktního záření se považuje za spolehlivý doklad velkého třesku
- **První okamžiky vesmíru**
  - čím mladší byl vesmír, tím větší hustota a teplota
  - odhadujeme, jelikož nedokážeme přesné podmínky nasimulovat
- **Dějiny vesmíru**
  - Sekundu po VT teplota klesla na 10 na 10 K -> neutrony se volně měnily na protony -> při srážkách neutronů s protony vznikala jádra těžkého vodíku a helia - neutron stabilní, nerozpadá se = **kosmologická nukleosyntéza** - trvala 4 minuty
  - 370 000 roků - teplota klesla na tolik, že velká většina iontů se spojila s elektrony a vznikly atomy -> velká většina záření procházela vesmírem volně, v této době se také začaly tvořit kupy galaxií a galaxie (díky náhodnému zvýšení hustoty -> gravitační pole -> ještě větší zhušťování)
  - Většina galaxií vznikla během první miliardy roků po VT
  - Při tvorbě galaxií, tvoření prvních hvězd z vodíku a helia (jiná jádra tehdy prakticky neexistovala) -> termionukleární reakce - tvoření těžších prvků
  - Některé hvězdy vybuchly jako supernovy -> rozptýlení prvků do mezihvězdného prostoru + vytvoření dalších prvků
- **Budoucnost vesmíru** - zastaví se rozpínání a začne se vesmír smršťovat? Záleží na kritické hustotě, podle Newtonovy teorie i obecné teorie relativity dojde ke smrštění a obrovskému kolapsu

- Pozorování na základě kterých zjistili, že se rozpínání zrychluje (existence odpudivé síly)

## Život ve vesmíru

- **Podmínky pro život** - složité molekuly, ze kterých jsou složena lidská těla jsou málo stabilní, aby se rozbily, stačí velmi malá energie - teplota vyšší než 100°C, a ne moc nízká kvůli zastavení chem. Reakcí -> velmi přísné podmínky na prostředí
- **Pravděpodobnost života** - není zdaleka vyloučená z čistě statistického hlediska
- **Hledání mimozemských civilizací** - existují vědecké programy pro vyhledání radiových signálů jiných civilizací, zatím neúspěšné
- **Život ve sluneční soustavě** - jediná část vesmíru, kterou můžeme posoudit na základě solidních informací
- **Návštěva mimozemšťanů na Zemi** - polovina lidí v takové návštěvě věří
- **Věda jako hledání pravdy, Byli zde mimozemšťané?**

## Kalendář

- Den, měsíc, rok - nejsou celočíselným násobkem jedna druhé
- Tropický rok - od rovnodennosti k rovnodennosti, bez astronomických metod se přesně určit nedá = 365,2422 dne -> Caesar zavedl 3x 365 + 1x 366 -> juliánský kalendář
- Po reformách v 16.st. vznikl gregoriánský kalendář
- V počítání let od narození Krista neexistuje rok 0 -> 1. Roku našeho letopočtu předchází rok 1 př.n.l.

## Jak lidé poznávali vesmír

- 17. st.př.n.l. - dlouhodobá pozorování dovedla babylonské astronomy k nalezení předpovídání zatmění Slunce
- 6. st.př.n.l. - Pythagoras potvrdil, že Země je koule
- 5. st.př.n.l. - Anaxagoras vysvětlil měsíční fáze a zatmění
- 3. st.př.n.l. - Aristarchos měl kvalitativně správnou představu o vesmíru, vypočítal geometricky vzdálenost Slunce, Měsíce a jejich velikosti
  - Eratosthenes vypočítal s dobrou přesností obvod Země

- 2. st.př.n.l. – Hipparchos
- 2. st.n.l. – Ptolemaios pokračoval po Hipparchovi v teorii epicyklů – první systematický popis pohybu planet
- 1543 – Mikuláš Koperník teorie Slunce středem vesmíru a Země kolem něj obíhá a rotuje (problém s tím že předpokládal pohyb po kružnici, ne po elipse)
- 1546-1601 – Tycho Brahe měl soustavu úhloměrů, kterými měřil polohy objektů na obloze, tvrdil že Slunce obíhá kolem Země
- 1547-1600 – Giordano Bruno tvrdil že je vesmír nekonečný
- 1564-1642 – Galileo Galilei jako první pozoroval oblohu dalekohledem, objevil krátery na Měsíci, fáze Venuše, sluneční skvrny, stal se zastáncem Koperníkovi heliocentrické teorie
- 1609 – Johannes Kepler – zákony pohybu planet, vynalezl dalekohled výhodnější než Galilei
- 1665 – objevy Isaaca Newtona
- 20. století – vznik kvantové mechaniky, teorie relativity
- 1924 – Edwin Hubble