

## Obsah

<b>7 Sluneční soustava, Keplerovy zákony</b>	<b>1</b>
7.1 Modely sluneční soustavy	1
7.1.1 Geocentrismus	1
7.1.2 Heliocentrismus	1
7.2 Slunce	1
7.2.1 Fyzikální vlastnosti	1
7.3 Planety sluneční soustavy	1
7.3.1 Merkur	2
7.3.2 Venuše	2
7.3.3 Země	2
7.3.4 Mars	2
7.3.5 Jupiter	2
7.3.6 Saturn	3
7.3.7 Uran	3
7.3.8 Neptun	3
7.4 Další objekty sluneční soustavy	3
7.4.1 Trpasličí planety	3
7.4.2 Komety	3
7.4.3 Planetky	4
7.4.4 Měsíc / přirozený satelit	4
7.5 Vesmírné jednotky	4
7.5.1 Astronomická jednotka	4
7.5.2 Světelný rok	4
7.5.3 Parsec	5
7.6 Keplerovy zákony	5
7.6.1 První Keplerův zákon	5
7.6.2 Druhý Keplerův zákon	5
7.6.3 Třetí Keplerův zákon	6

## 7 Sluneční soustava, Keplerovy zákony

### 7.1 Modely sluneční soustavy

#### 7.1.1 Geocentrismus

- názor, že Země je středem vesmíru / sluneční soustavy; planety obíhají okolo ní
- zastaralý názor, zformulován Aristotelem, upřesněno Ptolemaiem
- podporován církví
- po objeven v 17. století nahrazeno heliocentrismem

#### 7.1.2 Heliocentrismus

- model Sluneční soustavy se Sluncem ve středu
- 16. stol – Mikuláš Koperník, Galileo Galilei

### 7.2 Slunce

- hvězda ve středu sluneční soustavy
- nejbližší hvězda Zemi
- koule žhavého plazmatu
  - produkce energie jadernou fúzí
- 99,8 % hmotnosti sluneční soustavy

- hlavně vodík (73 %) a hélium (25 %), dále O<sub>2</sub>, C, Ne, Fe
- stáří  $4,6 \cdot 10^9$  let

### 7.2.1 Fyzikální vlastnosti

- hmotnost  $1,9885 \cdot 10^{30}$  kg
- vzdálenost 1 au = 149 597 870 700 m
- průměr 1 392 020 km
- povrchová teplota 5 780 K
- zářivý výkon  $3,827 \cdot 10^{26}$  W

## 7.3 Planety sluneční soustavy

- planeta
  - těleso obíhající okolo Slunce
  - má dostatečnou hmotnost, aby ji její gravitační síly zformovaly do přibližně kulového tvaru (tj. nachází se v hydrostatické rovnováze),
  - dominantní v zóně své oběžné dráhy (tj. vyčistila svou gravitací okolí vlastní oběžné dráhy od jiných těles),
  - není družicí (měsícem) jiného tělesa.
- 8 planet sluneční soustavy
  - terestické / kamenné
    - \* Merkur
    - \* Venuše
    - \* Země
    - \* Mars
  - plynní obři
    - \* Jupiter
    - \* Saturn
    - \* Uran
    - \* Neptun

### 7.3.1 Merkur

- Slunci nejbližší a nejmenší planeta
- nemá měsíc
- oběžná dráha nejbližší Slunci (0,378 au)– perioda oběhu  $T \doteq 88$  d
- povrch erodován krátery, podobný Měsíčnímu povrchu
- velké rozdíly teplot  $\langle -180^\circ\text{C}, 430^\circ\text{C} \rangle$
- chybí atmosféra

### 7.3.2 Venuše

- pojmenovaná po římské bohyni lásky
- nemá měsíce
- nejmenší výstřednost eliptické dráhy
- druhá nejbližší Slunci (0,723 au)
- perioda oběhu  $T = 224,7$  d
- možno vidět pouhým okem ze Země – „večernice“/„jitřenka“
  - po Slunci a Měsíci nejjasnějším objektem na obloze
- hustá oblačnost, nejhustší atmosféra z kamenných planet (převážně CO<sub>2</sub>)
- silný skleníkový efekt → nejteplejší planeta SS  $\langle 460^\circ\text{C}, 500^\circ\text{C} \rangle$

### 7.3.3 Země

- největší terestická planeta
- jediná planeta s potvrzeným výskytem života
- jeden satelit – Měsíc
- oběh s periodou  $T = 365,15$  d ve vzdálenosti 1 au
- dynamický povrch (litosféra)
- nedokonalá koule (na rovníku rozšířeně)
- pevné jádro, polotekuté vnější jádro, plášť, zemská kůra
- má magnetosféru
- přítomnost kapalné vody (asi 71 % povrchu)

### 7.3.4 Mars

- druhá nejmenší planeta po Merkuru
- pevný povrch pokrytý impaktními krátery, vysokými sopkami, hlubokými kaňony atd.
- dva měsíce – Phobos a Deimos
- oběh s periodou  $T = 687$  d ve vzdálenosti 1,523 au
- velký počet vyslaných sond a vozítek na zkoumání

### 7.3.5 Jupiter

- největší planeta sluneční soustavy
- plynný obr, nemá pevný povrch
- 79 měsíců
- oběh s periodou  $T = 4\,332,6$  d ve vzdálenosti 5,203 au
- třetí nejjasnější objekt na noční obloze
- slabé prstence okolo planety
- atmosféra rozčleněna v závislosti na planetární šířce, velké množství bouří
- složení převážně vodík, hélium a organické sloučeniny

### 7.3.6 Saturn

- druhá největší planeta SS
- 60 měsíců, největší Titan
- oběh s periodou  $T = 10\,757,7$  d ve vzdálenosti 9,537 au
- stejně jako Jupiter nemá pevný povrch, pouze hustá atmosféra
- jediná planeta s menší střední hustotou než voda
- znám mohutnými planetárními prstenci

### 7.3.7 Uran

- společně s Neptunem tzv. ledový obr
- 27 měsíců
- oběh s periodou  $T = 30\,708,2$  d ve vzdálenosti 19,191 au
- atmosféra hlavně vodík a hélium, dále voda, čpavek, metan, uhlovodíky...
  - nejchladnější ve SS ( $\approx 49$  K)
- planetární prstence
- rotační osa téměř v rovině s oběhem okolo Slunce

### 7.3.8 Neptun

- podobný Uranu
- nejvzdálenější planeta
- oběh s periodou  $T = 60\,190$  d ve vzdálenosti 30,069 au
- skvrny v atmosféře podobných skvrnám na Jupiteru

- metan v atmosféře → modrá barva

## 7.4 Další objekty sluneční soustavy

### 7.4.1 Trpasličí planety

- definice
  - obíhají okolo Slunce
  - má dostatečnou hmotnost, aby jeho gravitace překonala vnitřní síly a dosáhl hydrostatické rovnováhy
  - během svého vývoje nepročistil své okolí, aby se stal v dané zóně dominantní (na rozdíl od planet)
  - není satelitem
- „malé planety“
- Ceres, Pluto, Haumea, Makemake, Eris
- kromě Cerery všechno plutoidy (trpasličí planeta za dráhou Neptunu)
- Pluto kdysi vedeno jako planeta; v roce 2006 na shromáždění Mezinárodní astronomické unie v Praze předefinovaná planeta → Pluto trpasličí planetou

### 7.4.2 Komety

- malé těleso podobné planetce
- z ledu ( $\text{CO}_2$ , metan, voda) a prachu
- oběh po velmi excentrických drahách kolem Slunce
- některé se vracejí pravidelně a často (jednou za několik let až staletí)
  - Halleyova, Hale-Boppova, Kohoutkova kometa

### 7.4.3 Planetky

- malé těleso obíhající okolo Slunce
- malá hmotnost → nepravidelný tvar
- výskyt hlavně v hlavním pásu (prostor mezi Marsem a Jupiterem) či v páse za Neptunem

### Meteoroidy

- speciální případ planetky
- velikost menší než 100 m

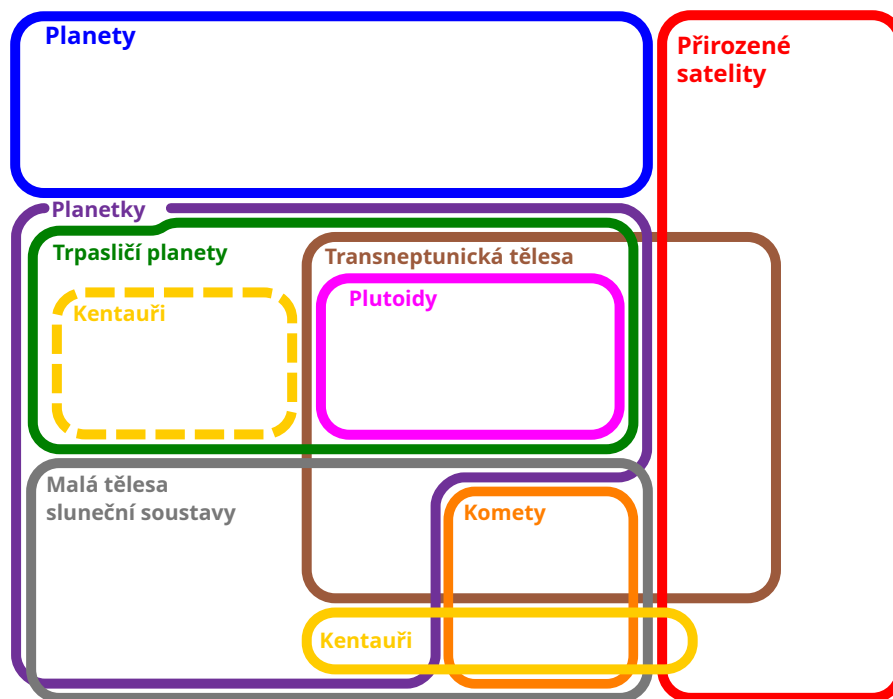
### 7.4.4 Měsíc / přirozený satelit

- kosmické těleso přirozeného původu
- pohyb se po oběžné dráze kolem jiného většího vesmírného tělesa (planeta, trpasličí planeta, planetka)
- dodnes 182 měsíců, z toho 9 kolem trpasličích planet
- velký počet u plyných obrů, malé počty u terestických planet

## 7.5 Vesmírné jednotky

### 7.5.1 Astronomická jednotka

- značka au
- jednotka vzdálenosti, vyjadřuje vzdálenost mezi Sluncem a Zemí
- $1 \text{ au} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$
- měření vzdálenosti těles v rámci sluneční soustavy



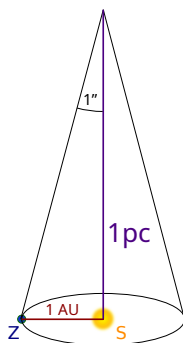
Obr. 7.1: Vennův diagram objektů ve sluneční soustavě

### 7.5.2 Světelný rok

- značka ly
- vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden rok
- $1 \text{ ly} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m} \approx 63\,241 \text{ au}$

### 7.5.3 Parsec

- značka pc
- vzdálenost, ze které má 1 au úhlový rozměr jedné vteřiny
- $1 \text{ pc} = 1 \text{ au} / \tan 1'' \approx 206\,265 \text{ au} \approx 3,262 \text{ ly} \approx 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$
- měření velký vzdáleností mimo sluneční soustavu
- v odborné literatuře více preferován než-li světelný rok



Obr. 7.2: Geometrické odvození parsecu

## 7.6 Keplerovy zákony

- zákony popisující pohyb planet ve sluneční soustavě, resp. pohyb těles v centrálních silových polích
- zformulovány Johannesem Keplerem na počátku 17. století

### 7.6.1 První Keplerův zákon

- „Planety obíhají kolem Slunce po eliptických drahách (přesněji trajektoriích), v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.“

### 7.6.2 Druhý Keplerův zákon

- „Obsahy ploch opsaných průvodičem planety (spojnice planety a Slunce) za stejný čas jsou stejné velké.“
- odvození
  - přírůstek plochy  $dS$  je plocha pravoúhlého trojúhelníku o stranách  $\mathbf{r}$  a  $d\mathbf{r}$

$$dS = \frac{1}{2}(\mathbf{r} \times d\mathbf{r})$$

- plošná rychlost  $\mathbf{w}$  – změna opsané plochy v čase

$$\mathbf{w} = \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2} \left( \mathbf{r} \times \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right) = \frac{1}{2}(\mathbf{r} \times \mathbf{v})$$

- pro moment hybnosti platí  $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$  a  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$

$$\mathbf{L} = \mathbf{r} \times m\mathbf{v} = m(\mathbf{r} \times \mathbf{v}) = 2m\mathbf{w}$$

- ze zákona zachování momentu hybnosti

$$\mathbf{L} = \text{konst} \wedge m = \text{konst} \rightarrow \mathbf{w} = \text{konst}$$

### 7.6.3 Třetí Keplerův zákon

- „Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet je stejný jako poměr třetích mocnin délek jejich hlavních poloos (středních vzdáleností těchto planet od Slunce).“

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

- odvození
  - inerciální soustava spojená se Sluncem, kruhové dráhy planet

$$\begin{aligned} F_g &= F_d \\ G \frac{mM}{r^2} &= \frac{mv^2}{r} \\ v^2 &= G \frac{M}{r} \end{aligned}$$

\*  $M$  – hmotnost Slunce

\*  $r$  – vzdálenost planety a Slunce

- planeta urazí obvod kružnice za čas  $T$  rychlostí  $v$

$$\begin{aligned} vT &= 2\pi r \\ v^2 T^2 &= 4\pi^2 r^2 \\ G \frac{M}{r} T^2 &= 4\pi^2 r^2 \\ T^2 &= \frac{4\pi^2}{GM} r^3 \end{aligned}$$

- v případě dvou planet můžeme konstantu porovnat  $\rightarrow$  získáme tvar 3. KZ