

# F3170 - Obecná astronomie

## Otázka 10

### Koperníkův systém. Keplerovy zákony. Galileův přínos.

Petr Šafařík

## 1 Koperníkův systém

V jednoduchosti je krása: Na rozdíl od Ptolemaiova systému epicyklů Koperníkův je jednoduchý (a také konečně správný). Země je jednou z planet obíhajících kolem Slunce. Tento krok byl revoluční (načež stál mnoho lidí hlavu).

Uspořádání planet odpovídá dnešnímu pohledu: Vnitřní planety — Merkur a Venuše; Vnější planety — Mars, Jupiter, Saturn. Další planety byly objeveny až později.

Vnějších planet rozlišujeme: opozici (Planeta–Země–Slunce), konjunkci (Země–Slunce–Planeta), kvadraturu (konfigurace, kdy úhel Země–Slunce–Planeta = 90°).

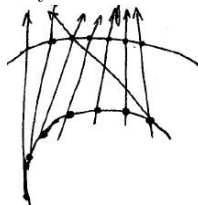
### Oběžné doby

- Siderická oběžná doba — návrat na totéž místo vůči okolním vzdáleným hvězdám — pouze pohyb vlastní planety
- Synodická oběžná doba — návrat na totéž místo na hvězdné obloze z pohledu pozorovatele

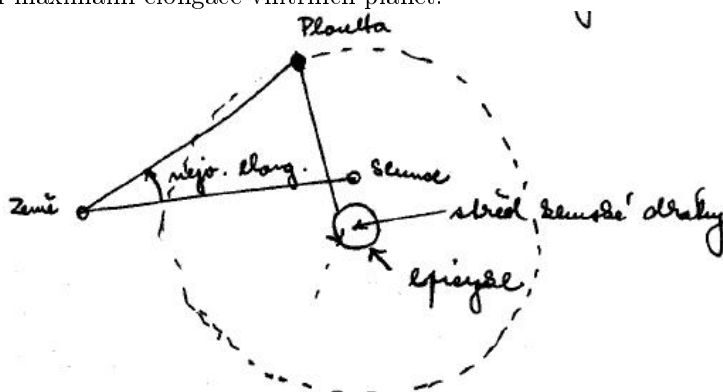
Vzájemný vztah:

$$\frac{1}{T_{\text{synod. planety}}} = \frac{1}{P_{\text{sider. Země}}} - \frac{1}{P_{\text{sider. planety}}}$$

**Retrográdní pohyb** Zatímco Ptolemaios nedokázal vysvětlit rychlost ani příčinu retrográdního pohybu, z Koperníkova systému tento vyplynul naprosto přirozeně. Důsledek toho, že se Země přiblíží k planetě, ale její rychlost je vyšší. Proto taky Mars má větší kličku než Saturn. Opět znovu musel zavést epicykly aby trochu kompenzoval elipsoidní tvar trajektorie na kruhový.



**Určení rozměrů drah v AU:** Viz obr. Shoda lepší jak 4%. Vysvětlil, proč se občas vyskytují maximální elongace vnitřních planet:



## 2 Keplerovy zákony

Stavěl na měřeních Tychona Brahe. Ten nepřijal koperníkův systém kvůli nenaměřené paralaxě. Navrhl vlastní systém, v jehož středu je Země, kolem Země obíhá Slunce, kolem Slunce pak zbytek planet Sluneční soustavy. Na ověření tohoto systému najal Brahe Kepler — schopného teoretika. Než ale Kepler něco vytvořil, Brahe umřel † 1601.

Johannes Kepler: přesvědčený o správnosti Koperníkovy systému. Na základě měření Braheho spočetl, že dráhy nejsou kružnice, ale *elipsy*, což byl průlom!!

**První keplerův zákon** Planety obíhají kolem Slunce po eliptických drahách, v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.

$e$  — výstřednost: zploštění elipsy

$q/Q = a(1 \pm e)$  vzdálenost pericentra/apocentra

**Druhý keplerův zákon** Obsahy ploch opsaných průvodičem planety (spojnice planety a Slunce) za stejný čas jsou stejně velké.

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{1+e}{1-e}$$

$$\omega = \frac{v}{r} \Rightarrow \frac{\omega_p}{\omega_a} = \frac{v_p r_a}{v_a r_p} = \left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2$$

**Třetí keplerův zákon:** Poměr druhých mocnin oběžných dob dvou planet je stejný jako poměr třetích mocnin jejich velkých poloos (středních vzdáleností těchto planet od Slunce).

$$P^2 = a^3$$

$$P^2 = \frac{a^3}{G(M+m)}$$

když  $P$  je v letech a  $a$  je v astronomických jednotkách.

První astronomický model Sluneční soustavy postavený na fyzice — všechny ostatní zatím byly na filozofickém nebo teologickém základě.

### 3 Galileův přínos

Teleskopická měření k podpoře heliocentrického keplerova modelu. Objevil:

- 4 měsíce Jupitera (tzv. Galileovy měsíce) je důkaz, že může být více než jen jeden střed obíhání (tehdy silný protiargument byl Měsíc, proč tedy i ten neobíhá kolem Slunce...).
- Nepravidelnosti na měsíci a jeho povrchu — nebeská tělesa nejsou jen dokonalé koule
- Skvrny na Slunci — Slunce rotuje stejně jako Země, což usnadnilo přijetí možnosti rotace vlastní Země.
- Fáze Venuše — musí obíhat kolem Slunce

Galileo měl spor s církví, načež musel odvolat vše, co našel a objevil. Navíc dostal až do konce života domácí vězení.

**Přínos pro fyziku:** Studoval pohyb těles a formuloval *princip setrvačnosti*: Jestliže na těleso nepůsobí žádné vnější síly nebo výslednice sil je nulová, pak těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu.

Tření — síla, která uvádí klouzající tělesa do klidu.

Postavil tak základy pro dynamiku, kterou následně rozvinul Isac Newton. Pohyb je tedy výsledek setrvačnosti a působících sil.