

F3170 - Obecná astronomie

Otázka 15

Tvar Země. Hmotnost a gravitační pole Země.
Rotace Země, její změny. Coriolisova síla, důsledky
zemské rotace.

Petr Šafařík

1 Tvar Země

Velikost Země se pokoušeli změřit odedávna:

- Délka 1°: Arabové-111,7-119,3 km
- 1525 — pařížský poledník — otáčky kol vozu
- Trigonometrická síť
- 1669 — 1° měří v různých místech různě — zploštění Země
- 1686 — I.Newton vysvětlil zploštění jako vliv rotace Země
- Odvození délky 1 metru na 1/10 000 000 poledníkového kvadrantu
- 1799 — ve Francii vytvořen prototyp 1 m v sevres v Paříži.
- Dnes se již geodézie měří družicemi

Geoid: aproximace tvaru Země tělesem s jednoduššími vlastnostmi. Realizován ekvipotenciální plochou co nejtěsněji přiléhající k povrchu moří a oceánů.

Rotační elipsoid ve válcových souřadnicích je to plocha určená rovnicí:

$$\left(\frac{r}{a}\right)^2 + \left(\frac{z}{b}\right)^2 = 1$$

kde $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, a je rovníkový poloměr a b je polární poloměr, definuje se zploštění
 $i = \frac{a-b}{a}$

Referenční elipsoid je nejlepší náhrada za geoid. Z družicových měření $a = 6378,137\text{km}$, $i = 1 : 298,257$ - z vesmíru okem nepostřehnutelná koule.

Trojosý elipsoid nejpřesněji vystihuje tvar geoidu.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Důkazy kulatosti Země: stín (zatmění měsíce), pohled z družic, změna úhlu, pod kterým vidíme polárku se změnou zeměpisné šířky.

Dohlednost a deprese horizontu:

$$L_0 \doteq \sqrt{2h \cdot R} \quad \text{Dohlednost}$$

$$\alpha_0 \doteq \sqrt{2h/R} \quad \text{Deprese horizontu}$$

Vlivem refrakce se dohlednost zvyšuje.

Délka 1° : V důsledku sploštění směrem k pólům roste vzdálenost mezi rovnoběžkami

2 Hmotnost a gravitační pole Země

Gravitační zrychlení úsace souvisí s rozložením hmoty v tělese.

$$g = G \frac{M_Z}{R^2} = 9,8 \text{ ms}^{-2} \quad \text{standard: } g_0 = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$$

Hmotnost Země $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$. g je nutné upravit o odstředivé zrychlení. $\omega_Z = 7,2921 \cdot 10^{-5} \text{ rads}^{-1}$. Odstředivé zrychlení na rovníku je $3,39 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$. Poměr $g/a_o = 1 : 288$

3 Rotace Země

Země se točí okolo své osy jako tuhé těleso = touž ω . ω vůči hvězdám je siderická oběžná rychlost.

$$\omega_Z = \frac{2\pi}{T} = 7,29 \cdot 10^{-5} \text{ rad}^{-1}$$

Rychlost bodu na povrchu Země: $v = \omega_Z R_Z \cos \varphi$. Nejvyšší na rovníku.

Zákon zachování momentu hybnosti

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v} = \vec{r} \times m(\vec{\omega} \times \vec{r})$$

$$L = \omega \int r^2 dm = \omega I \quad I - \text{moment setrvačnosti}$$

Žádná vnitřní síla tělesa nemůže změnit hodnotu \vec{L} — gyroskop, rotující tělesa v prostoru. Chceme-li změnit osu rotace je třeba změnit rozložení hmoty v tělese.

Působením vnějších sil může dojít ke změně orientace osy — precese — načež dojde i ke změně momentu hybnosti — brždění tělesa.

Důkazy:

- ★ Pohyb kosmických těles po obloze
- ★ Velké oběžné rychlosti vzdálených těles
- ★ Shoda oběžných dob všech těles
- ★ Všechna tělesa v SS se otáčejí
- Neinerciální síly (Coriolisova)
- Foucaltův pokus
- Odchylka padajících těles

4 Coriolisova síla

Coriolisovo zrychlení:

$$\vec{a}_C = 2\vec{v} \times \vec{\omega}$$

Foucaltovo kyvadlo Kyvadlo si zachovává rovinu kyvu, přičemž Zemské těleso se pod ním otáčí. Na rovníku je efekt nulový, ale na $\varphi \neq 0$ je efekt zřejmý. Pozorovatel ovšem vidí stáčení roviny kyvu s rychlostí $\omega = \omega_Z \sin \varphi$. Stáčení probíhá v opačném smyslu než stáčení Země. Na pólu se kyvadlo točí s $\omega = \omega_Z$ v opačném smyslu jak Země.

U nás je Foucaltovo kyvadlo HaP Hradec Králové.

Odchýlení těles padajících volným pádem Coriolisova síla urychluje tělesa padající volným pádem $v = gt$

$$a_c = 2v\omega_Z = 2gt\omega_z \sin \varphi$$

odchylka x následně dostaneme ze vztahu $\ddot{x} = a_c$:

$$x = \frac{2}{3}\omega_Z \sqrt{\frac{2h^3}{g}} \cos \varphi$$

5 Změny v rotaci Země

Dlouhodobé Zpomalování rotace Země v důsledku slapového působení Měsíce

Skokové Přesuny větších hmot v nitru Země

Periodické

- Roční perioda: sezónní změny vzdušných hmot, ledová pokrývka
- Půlroční perioda: důsledek eliptické dráhy Země - gravitační působení Slunce na Zemi
- Anomalistický měsíc a půlměsíc: výstřednost měsíční dráhy