

Odchylka ekliptiky od roviny Galaxie

Jakub Neužil *

Jan Fábera **

Jiří Havlíček ***

* Gymnázium Sokolov, jakub.neuzil@seznam.cz

** SPŠ Hronov, icarosai@seznam.cz

*** Gymnázium Český Brod, jiri.pc@gmail.com

Abstrakt

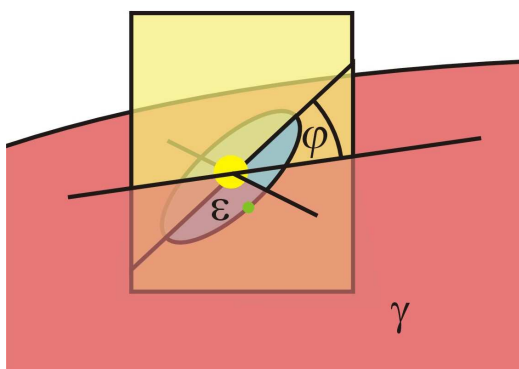
Podstatou našeho projektu bylo změřit a spočítat odchylku roviny ekliptiky (planetární roviny, v níž obíhají planety kolem Slunce) od roviny Galaxie. Počítali jsme s údaji změřenými improvizovaně vyrobeným sextantem a s údaji z astronomického katalogu. Z naměřených údajů jsme spočítali velikost odklonu roviny oběhu planet kolem Slunce od roviny Galaxie a jeho směr vzhledem ke středu Galaxie. K výpočtu jsme využili goniometrické funkce a pravidla pro počítání s vektory a rovinami.

1. Úvod

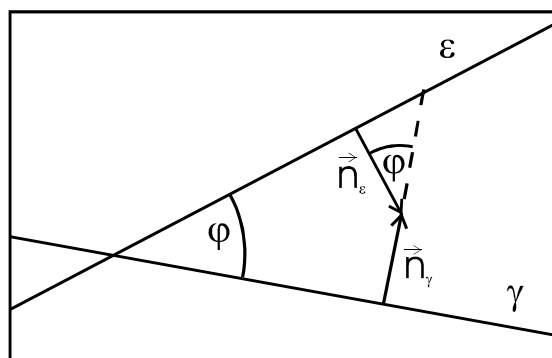
Pokud chvílku přemýšlíme nad naší Galaxií a Sluneční soustavou, jistojistě nás napadne i otázka, kde to vlastně v té Galaxii jsme, nebo jak jsme vzhledem ke Galaxii položeni, respektive nakloněni, a kam tento úhel odklonu míří vzhledem ke středu galaxie. Oba tyto údaje jsme se rozhodli změřit, a poté spočítat, abychom měli dnes večer na tuto otázku již odpověď, a tím pádem klidné spaní s vědomím, že víme, kde v Galaxii vlastně spíme.

2. Teorie

Odchylka dvou rovin je úhel, který svírají průsečnice těchto rovin s rovinou, která je k oběma rovinám kolmá. Každou rovinu R^3 můžeme vyjádřit jedním bodem a dvěma směrově odlišnými vektory (směrové vektory $\mathbf{u}$, $\mathbf{v}$), které v této rovině leží, nebo jedním bodem a jedním vektorem normálovým. Normálový vektor je kolmý ke všem přímkám roviny, proto ho vypočteme jako vektorový součin směrových vektorů roviny. Rovinu ekliptiky označíme ε , rovinu Galaxie γ .



Obr. 1: odchylka roviny Galaxie (γ) od roviny ekliptiky (ε)



Obr. 2: Odchylka rovin v řezu rovinou úhlu

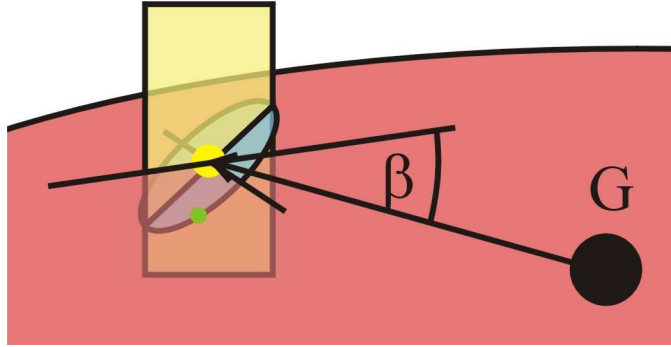
Na obr. 2 zároveň vidíme, že úhel mezi dvěma rovinami je shodný s úhlem, který svírají normálové vektory těchto rovin. Pro výpočet úhlu použijeme skalární součin 2 vektorů:

$$\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma = |\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma| \cos \varphi$$

Po dosazení vyjádříme φ :

$$\varphi = \arccos \frac{|\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma|}{|\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma|} = \arccos \frac{|(\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \cdot (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)|}{|\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon| |\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma|} \quad (1)$$

kde φ je velikost odchylky ekliptiky od roviny Galaxie.



Obr. 3: Úhel roviny ekliptiky se spojnicí středu galaxie a pozorovatele

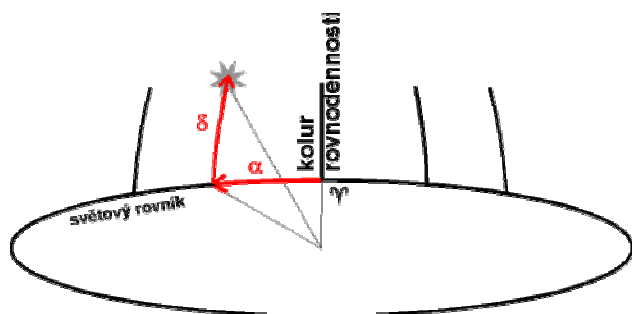
Nyní můžeme vypočítat směr této odchylky. Tento směr můžeme určit jako úhel β , který svírají rovina úhlu φ a přímka spojující pozorovatele se středem Galaxie G. Tento úhel můžeme určit jako doplněk úhlu mezi normálovým vektorem roviny odchylky a polohovým vektorem středu Galaxie $\vec{r}$ do 90° .

$$\beta = 90^\circ - \arccos \frac{|\vec{n}_\varphi \cdot \vec{r}|}{|\vec{n}_\varphi| |\vec{r}|} = 90^\circ - \arccos \frac{(\vec{n}_\varepsilon \times \vec{n}_\gamma) \cdot \vec{r}}{|\vec{n}_\varepsilon \times \vec{n}_\gamma| |\vec{r}|} = 90^\circ - \arccos \frac{((\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \times (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)) \cdot \vec{r}}{|(\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \times (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)| |\vec{r}|} \quad (2)$$

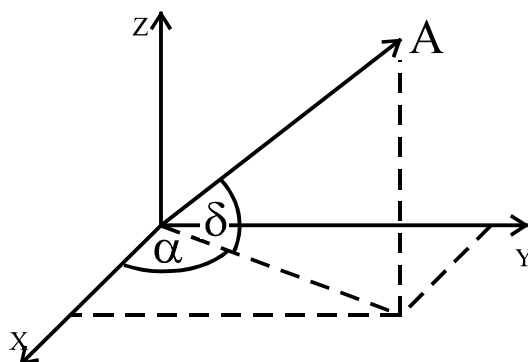
3. Získávání údajů

Souřadnice

Polohu hvězdy nebo jakéhokoliv nebeského tělesa na nebeské sféře určujeme dvěma základními úhly- rektascenze (α) a deklinace (δ). Rektascenze určuje úhel mezi kolurem rovnodennosti a kružnicí procházející hvězdou a je kolmá na světový rovník (deklinální kružnice). Deklinace je úhel měřený mezi hvězdou a světovým rovníkem po deklinální kružnici. Tyto souřadnice nejsou závislé na pozorovacím místě, proto jsou po celé zemi udávány v astronomických katalozích. (Obr.4) Tyto souřadnice musíme převést do kartézské soustavy souřadnic (Obr.5)



Obr. 4: Rovníkové souřadnice



Obr. 5: Převod souřadnicových systémů

K převedení do kartézského systému použijeme následující vzorce:

$$x = r \cos \alpha \cos \delta$$

$$y = r \sin \alpha \cos \delta$$

$$z = r \sin \delta$$

Všechna nebeská tělesa pozorujeme jako jejich průmět na nebeskou sféru. Proto můžeme pro náš účel volit r libovolné a stejné pro všechny body.

Data

Velikosti úhlů α a δ jsme získali z astronomického katalogu dostupného za pomoci programu Hallo Northern Sky. Podle programu SkyMap leží na galaktickém rovníku souhvězdí Cassiopeia a Labuť, s nimiž jsme také výpočetně pracovali. Předpokládáme, že těžiště těchto souhvězdí leží na galaktickém rovníku a proto je použijeme jako směrové vektory roviny galaxie. Pro definování ekliptiky jsme použili planet Saturn a Mars, které jsou v současné době velmi dobře pozorovatelné pouhým okem. Souřadnice středu Galaxie jsme zjistili za pomoci programu Google Earth.

Těžiště souhvězdí vypočteme jako

$$\vec{r} = \frac{\sum_i \vec{r}_i}{n} \quad (3)$$

kde r_i je polohový vektor hvězdy a n je počet hvězd souhvězdí.

4. Výsledky

Dosazením do vzorců (1), (2), (3) vypočteme hledané úhly:

$$\varphi = 63^\circ 1' 44''$$

$$\beta = 1^\circ 31' 48''$$

Kde φ je odchylka roviny ekliptiky od roviny Galaxie a β je směr odchylky.

5. Diskuse

Napadla nás zajímavá myšlenka. Kdybychom se nacházeli v rovině s rovinou Galaxie, na obloze bychom Mléčnou dráhu viděli pod úhlem 90° (to je úhel kolmo na místo, kde se nacházíme na obloze, tedy přesně nahoře) minus úhel naší zeměpisné šířky minus

odklon Zemské osy od planetární roviny, tedy přibližně pod úhlem $90^\circ - 50^\circ - 23,5^\circ = 16,5^\circ$. Z toho tedy plyne závěr, že od roviny Galaxie jsme pod určitým úhlem odkloněni, a Mléčnou dráhu vidíme v tomto úhlu plus úhel odklonu roviny ekliptiky od roviny Galaxie, což je v souladu se zjištěnými hodnotami úhlů.

6. Závěr

Tato metoda získávání dat bylo zvolena z důvodu nepříznivých pozorovacích podmínek způsobených nadměrnou vlhkostí ve vzduchu a nedostatku času. Pokoušeli jsme se naměřit hodnoty naším improvizovaným zařízením, avšak zjistili jsme, že v praxi není použitelné pro přesné výsledky.

Poděkování

Děkujeme především našemu supervizorovi za jeho pevné nervy, obrovskou trpělivost a tu spoustu času který s námi strávil, přestože se musel učit na zkoušky. Dále děkujeme FJFI a ČVUT za zorganizování této akce. A také všem, kteří si přečetli tento článek. Doufáme, že vás alespoň trochu zaujal.

Reference

- [1] Aldebaran group for astrophysics, Souřadnice a časomíra, <http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/orientace/theory.html>
- [2] SkyMap Pro 11, http://www.skymap.com/smp_eval.htm
- [3] Google, Google Earth, <http://earth.google.com/>
- [4] J. Stránský, Odchylka ekliptiky a roviny Galaxie, Fyzikální seminář 2008, FJFI ČVUT