

Odchylka ekliptiky a roviny Galaxie

J. Stránský, J. Kunderlík

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

str.jan@seznam.cz

Abstrakt:

Otázka polohy Země ve vesmíru je v široké veřejnosti dobře známá. Nikoliv však odchylka ekliptiky a roviny Galaxie. Ze souřadnic 2 hvězd a 2 planet metodami jednoduché analytické geometrie tento úhel vypočteme.

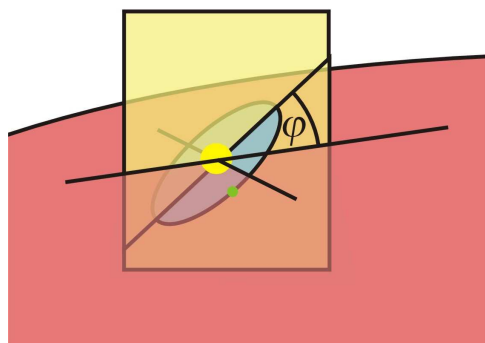
1 Úvod

Kde jsme? Kde ve vesmíru se nacházíme? Tuto otázku si lidstvo klade už od nepaměti. Dnes většina vzdělaných lidí odpoví, že se nacházíme ve Sluneční soustavě, v Galaxii mléčné dráhy, o něco vzdělanější člověk ještě dodá, že v jednom ze spirálních ramen naší Galaxie. Ale jaká je vzájemná poloha Sluneční soustavy a Galaxie? Na tuto otázku dovede odpovědět málokdo. Proto jsme se pokusili zjistit odchylku roviny Galaxie a ekliptiky Sluneční soustavy.

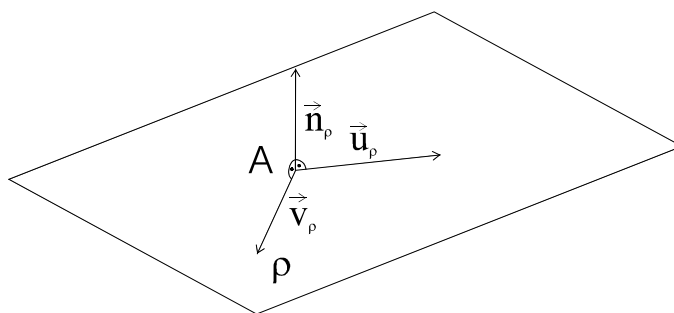
2 Základní princip

Úhel mezi rovinami je definovaný jako úhel mezi průsečnicemi daných rovin a rovin, které vzniknou jako průsečnice daných rovin a roviny k nim kolmé (obr. 1). Našimi rovinami jsou rovina ekliptiky ε a rovina Galaxie γ . Úhel mezi těmito dvěma rovinami označíme φ .

Každou rovinu v prostoru R^3 lze jednoznačně určit jedním bodem a dvěma směrovými vektory nebo jedním bodem a normálovým vektorem, vektorem kolmým ke všem přímkám v rovině. Normálový vektor roviny můžeme z definice spočítat jako vektorový součin směrových vektorů roviny (obr 2).

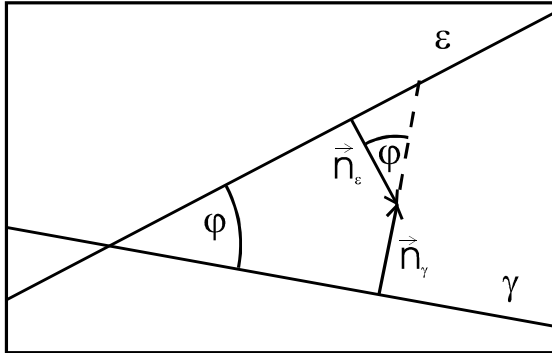


Obr. 1: Odchylka rovin. Růžová rovina Galaxie, modrá ekliptika, žlutá rovina úhlu

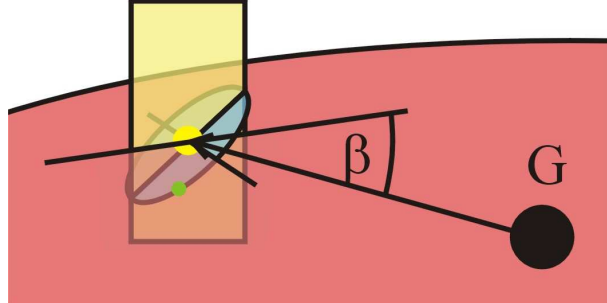


Obr. 2: Popis roviny

Z obrázku 3 je vidět, že odchylka rovin je zároveň úhel mezi jejich normálovými vektory. Pro výpočet tohoto úhlu použijeme skalární součin 2 vektorů:



Obr. 3: Průmět rovin do roviny úhlu

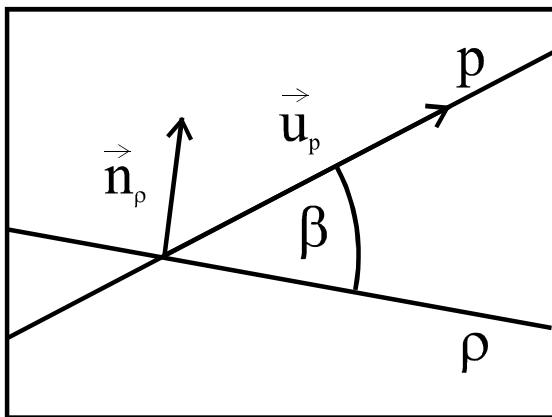


Obr. 4: Odchylka rovin. Růžová rovina Galaxie, modrá ekliptika, žlutá rovina úhlu, G střed Galaxie

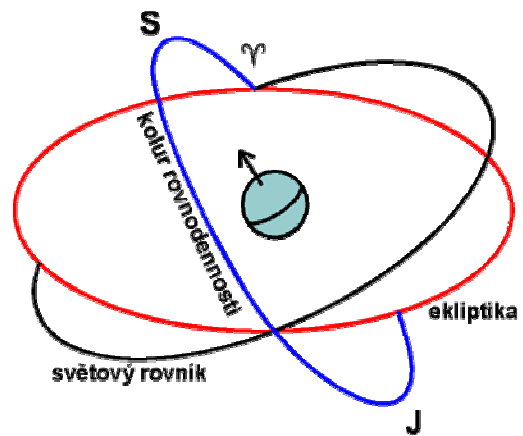
$$\begin{aligned}\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma &= |\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma| \cos \varphi \\ \cos \varphi &= \frac{\vec{n}_\varepsilon \cdot \vec{n}_\gamma}{|\vec{n}_\varepsilon| |\vec{n}_\gamma|} = \frac{(\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon) \cdot (\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma)}{|\vec{u}_\varepsilon \times \vec{v}_\varepsilon| |\vec{u}_\gamma \times \vec{v}_\gamma|}\end{aligned}\quad (1)$$

Zároveň můžeme vypočítat směr sklonu β . Definujeme si ho jako úhel mezi rovinou, ve které leží úhel φ , a spojnici jeho vrcholu se středem Galaxie (obr. 4). Tento úhel se měří obdobně jako úhel 2 rovin. Spojnicí protkneme rovinu kolmou na rovinu, ke které hledáme úhel, a změříme úhel mezi průsečnicí těchto rovin a spojnici (obr. 5). V našem případě je touto rovinou rovina Galaxie. Tento úhel můžeme podle obr. 5 spočítat jako

$$\beta = 90^\circ - \arccos \frac{\vec{n}_\gamma \cdot \vec{u}_p}{|\vec{n}_\gamma| |\vec{u}_p|} \quad (2)$$



Obr. 5: Úhel mezi přímkou a rovinou



Obr. 6: Kolor rovnodennosti

3 Souřadnice v astronomii

Abychom mohli použít předchozí vzorce musíme zavést nějaký souřadnicový systém. V astronomii se používá několik druhů sférických souřadnic. Pro jejich definování je potřeba zavést několik pojmů [1]

3.1. Základní pojmy

Nebeská sféra - pomyslná projekční plocha v nekonečné vzdálenosti

Ekvátor (světový rovník) - projekce roviny zemského rovníku na nebeskou sféru

Ekliptika (zvířetník) - Projekce roviny oběžné dráhy Země kolem Slunce na nebeskou sféru

Galaktický rovník - průsečík roviny Galaxie s nebeskou sférou, prochází mléčnou dráhou.

Severní světový pól - průsečík rotační osy Země s nebeskou sférou v severním směru osy

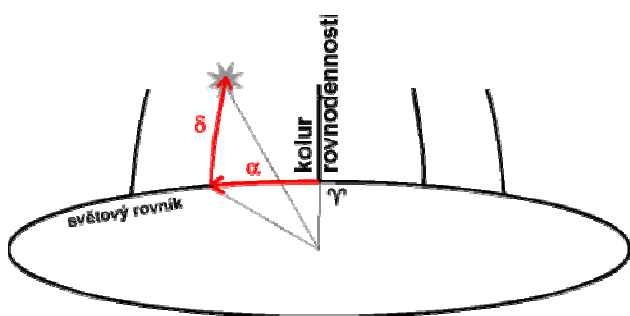
Jižní světový pól - průsečík rotační osy Země s nebeskou sférou v jižním směru osy

Jarní bod - průsečík ekliptiky se světovým rovníkem

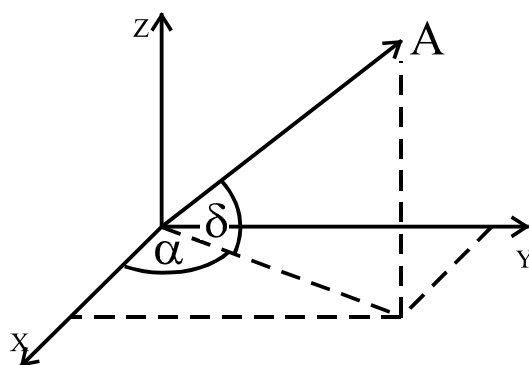
Kolur rovnodennosti - kružnice procházející jarním bodem, severním světovým pólem, podzimním bodem a jižním světovým pólem, kolmá na světový rovník (obr. 6)

3.2. Souřadnicové systémy

V astronomii se nejvíce používají tři astronomické systémy. Zmíníme pouze námi použité rovníkové souřadnice druhého druhu. Souřadnice hvězdy jsou dány pomocí dvou úhlů, rektascenze (α) a deklinace (δ). Rektascenze je úhel mezi kolurem rovnodennosti a kružnicí procházející hvězdou, světovým rovníkem a kolmou na světový rovník (deklinální kružnice), deklinace je úhel mezi hvězdou a světovým rovníkem měřený po deklinální kružnici (obr. 7). Tento systém je nezávislý na pozorovacím místě, proto se v něm udávají souřadnice v astronomických katalozích nebeských těles. Námi získané souřadnice jsou v tomto systému.



Obr. 7: Rovníkové souřadnice 2. druhu



Obr. 8: Převod souřadnicových systémů

Tento systém převedeme na kartézské souřadnice (obr. 8):

$$\begin{aligned}x &= r \cos \alpha \\y &= r \sin \alpha \\z &= r \sin \delta\end{aligned}\tag{3}$$

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

4 Získání dat

Jelikož potřebujeme vždy dva směrové vektory (3 body) pro každou rovinu, potřebujeme 2 hvězdy, které leží na galaktickém rovníku a 2 planety, u nichž předpokládáme, že leží v rovině ekliptiky. Třetím bodem, společným pro obě roviny, je poloha pozorovatele. Pro zjištění směru odchylky dále potřebujeme polohu středu Galaxie. Podle programu SkyMap [2] na galaktickém rovníku leží hvězdy θ Aurigae ze souhvězdí Vozky a Monoceros 13 ze souhvězdí Jednorozce. Z planet jsou v současné době v nejvýhodnější poloze planety Saturn a Mars. Souřadnice středu Galaxie nalezneme pomocí programu Google Earth [3]. Získané údaje jsou v tabulce 1.

5 Výsledky a diskuze

Převedením souřadnic hvězd do kartézského systému (3) a dosazením do vzorců (1) a (2) dostáváme:

$$\begin{aligned}\varphi &= 48^{\circ}4'16.17'' \\ \beta &= 3^{\circ}57'12.27''\end{aligned}$$

kde φ je odchylka ekliptiky a roviny Galaxie β je směr odchylky.

Pokud bychom vyšly z předpokladu, že odchylka směřuje do středu Galaxie, můžeme odchylku rovin odečíst přímo z programu SkyMap. Podle něj je úhel mezi světovým rovníkem galaktickým rovníkem přes 60° . Pokud odečteme sklon ekliptiky a světového rovníku 23° získáváme námi spočtenou hodnotu odchylky Galaxie a ekliptiky. Tento předpoklad však před výpočtem nebylo možno použít, protože směr odchylky nebyl známý.

Uvedený postup není jakkoliv závislý na použitém souřadnicovém systému. V případě měření v terénu bychom zvolili systém sférických souřadnic tak, aby měření byla co nejpohodlnější. Jediný problém nastává při hledání centra Galaxie, které je jednak na jižní obloze, ale také není ve viditelné oblasti spektra.

6 Závěr

Tato metoda získávání dat bylo zvolena z důvodu nepříznivého počasí a nedostatku času. Bylo by však zajímavé změřit souřadnice hvězd přímo třeba i s vlastním souřadnicovým systémem a statistickým vyhodnocením určit rovinu Galaxie resp. galaktický rovník.

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/>