

⑦ Polohy hvězd se mění i v důsledku vlastních pohybů hvězd. Ovlivní vlastní pohyby hvězdy  $\gamma$  Dra naše výsledky?

*Vlastní pohyb hvězdy  $\gamma$  Dra je tak malý, že vzhledem k přesnosti výpočtů a výsokým máše výsledky neovlivní.*

⑧ Jen shodou okolností by střední poloha hvězdy  $\gamma$  Dra souhlasila se středem aberační kružnice (srovnejte na obr. 1). Střední poloha může být posunuta vůči středu kružnice až o  $\pm 9,2''$  v šířce a  $\pm 6,8''$  v délce (souhlasí to se situací na obr. 1?). Jde o vliv nutace. Kdybychom chtěli podrobněji prozkoumat vliv nutace na polohu hvězdy, bylo by třeba pokrýt delší interval než jeden rok. Ideální by bylo sledovat polohu po 19 let, neboť pak bychom zjistili oscilace polohy způsobené nutací s periodou 18,7 let a amplitudou, kterou jsme již uvedli.



## ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

### Precese, aberace, nutace

V astronomických ročenkách bývá pro řadu jasných hvězd uvedena poloha opravená o refrakci a denní aberaci. Tato poloha se však v průběhu roku mění; teprve když ji opravíme o vlivy roční aberace, paralaxy, precese a nutace, dostaneme s časem neměnnou polohu (až na vlastní pohyby hvězd). Tu nazýváme střední poloha hvězdy (k dané epoše).

V úloze budeme studovat, proč se mění polohy hvězd. Z historických důvodů si vybereme hvězdu  $\gamma$  Draconis, kterou s úspěchem pozoroval v letech 1725 – 1747 James Bradley (na základě pozorování této hvězdy objevil aberaci a nutaci). Potřebné údaje převezmeme z ročenky „Astronomičeskij ježegodnik SSSR na 1985 god“. Pro hvězdu  $\gamma$  Dra je uvedeno:

střední poloha: rektascenze  $\alpha(1985,0) = 17^h 56^m 15,341^s$ ,  
deklinace  $\delta(1985,0) = 51^\circ 29' 25,14''$ ,

roční změna v  $\alpha$  vlivem precese:  $+1,394''$ ,

roční změna v  $\delta$  vlivem precese:  $-0,35''$ ,

paralaxa:  $0,020''$ ,

vlastní pohyb v rektascenzi  $\mu_\alpha = -0,0014''$  za rok,

vlastní pohyb v deklinaci  $\mu_\delta = -0,020''$  za rok.

#### Pracovní postup:

① V tabulce 1 jsou vypsány polohy opravené o refrakci a denní aberaci pro dny v intervalu přibližně dvou měsíců. Protože nás zajímají jen malé změny rektascenze  $\alpha$  a deklinace  $\delta$ , stačí pracovat pouze s časově úhlovými sekundami (úhlovými vteřinami). Převedte rektascenzi z časově úhlové míry do úhlové (vše zapisujte do tabulky 1).

② Do grafu (obr. 1) vynesete polohy hvězd: jako souřadnici  $x$  vynášejte  $\alpha'' \cos \delta$ , jako souřadnici  $y$  pak  $\delta''$  (pro hvězdu  $\gamma$  Dra je  $\cos \delta = 0,623$ ). Měřítka na obou osách musí být stejná. K označení bodů použijte plné kroužky. Vyneste též střední polohu  $\alpha(1985,0)$  a  $\delta(1985,0)$  – označte ji křížkem.

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím kapitoly A16 knihy M. J. G. Minnaerta: Practical work in elementary astronomy (D. Reidel, Dordrecht 1969). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



Tabulka 1.

Datum 1985	$\alpha(1985,0)$ $17^h 56^m +$	$\delta(1985,0)$ $51^\circ 28' +$	Precese $\nabla \alpha$	Precese $\nabla \delta$	$\alpha - \text{prec}_\alpha$	$\delta - \text{prec}_\delta$
7. 1.	$12,92^s = 193,8''$	$74,25''$	$0''$	$0''$	$193,8$	$74,25$
8. 3.	$14,82^s = 222,3''$	$59,53''$	$3,485$	$-0,058$	$218,8$	$59,59$
7. 5.	$17,06^s = 255,9''$	$65,60''$	$6,970$	$-0,116$	$248,9$	$65,72$
6. 7.	$17,86^s = 267,9''$	$84,03''$	$10,45$	$-0,174$	$257,5$	$84,20$
4. 9.	$16,67^s = 250,1''$	$96,53''$	$13,94$	$-0,232$	$236,2$	$96,76$
3. 11.	$14,74^s = 221,1''$	$92,64''$	$17,43$	$-0,290$	$203,7$	$92,93$
32. 12.	$14,34^s = 215,1''$	$73,96''$	$20,91$	$-0,350$	$194,2$	$74,31$

③ Abychom pochopili příčinu změn poloh hvězdy, musíme odstranit vlivy precese. Precesi stačí znát přibližně. Protože známe pro tuto hvězdu roční změny rektascenze a deklinace způsobené precesí, bude výpočet jednoduchý.

Vypočítejte a zapište do tabulky 1 hodnoty precese, jak postupně narůstají od začátku roku 1985 ve dvouměsíčních intervalech (pro začátek roku jsou hodnoty precese v  $\alpha$  i  $\delta$  nulové, za rok dosáhnou velikosti ročních změn). Omezte vhodně počet platných míst ve výsledku.

④ Opravte souřadnice hvězdy  $\gamma$  Dra o precesi, výsledek zapište do tabulky 1 a do grafu (obr. 1) vyneste opravené souřadnice podobným způsobem jako v bodě 2. Pro odlišení od předchozích bodů vykreslete tyto opravené polohy jako malé prázdné kroužky. Nové body by měly ležet téměř na kružnici. Zakreslete do obr. 1 tuto kružnici a určete její poloměr.

Poloměr kružnice = 20''.

⑤ Jak dnes víme, křivka spojující body opravené o precesi je aberační elipsou. Pro hvězdy blízko pólu ekliptiky přechází elipsa v kružnici s poloměrem

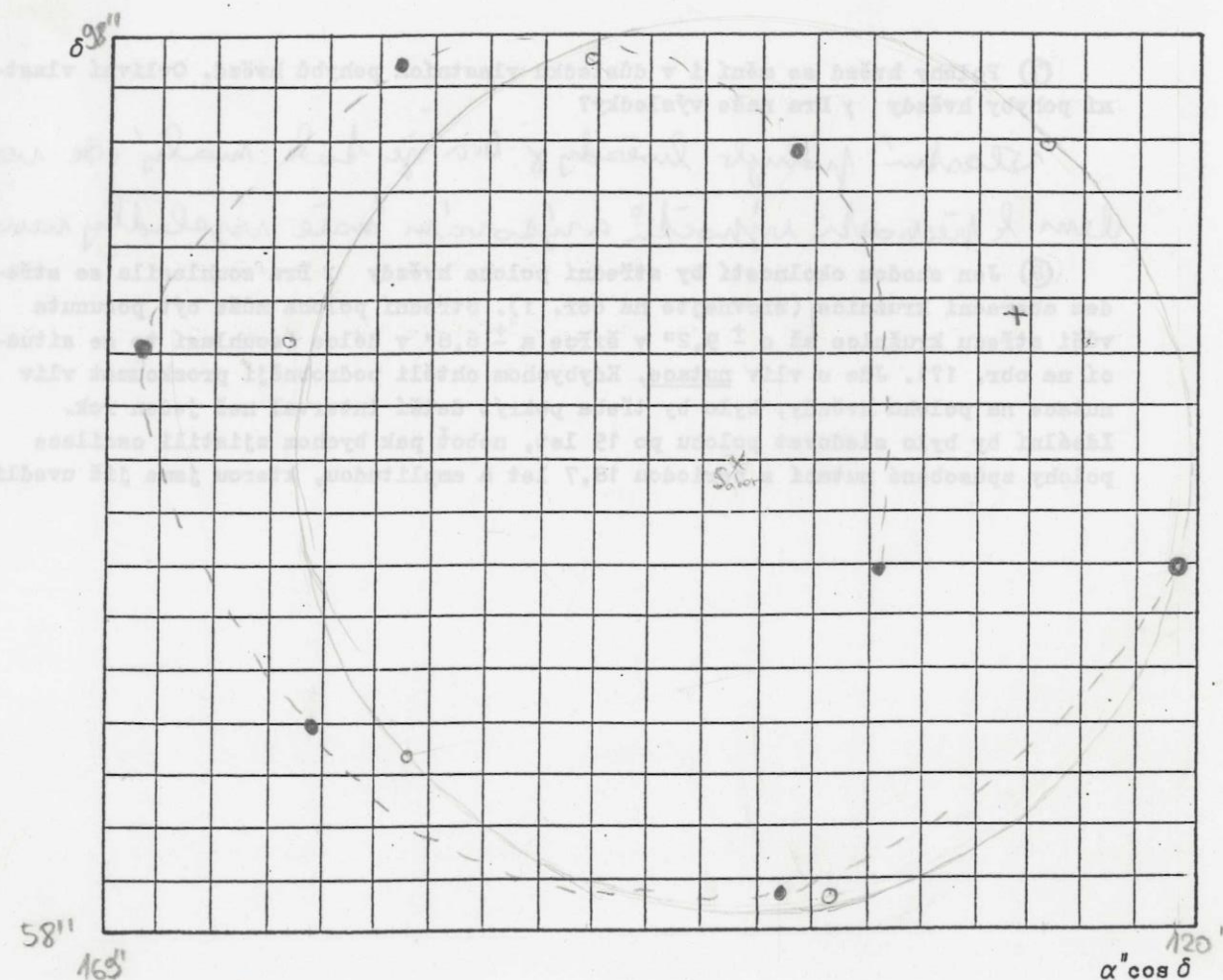
$$r_{\text{aber}} = \frac{\text{oběžná rychlost Země kolem Slunce}}{\text{rychlost šíření světla}} = \frac{29,8}{299\,800} =$$

$$= 9,93 \cdot 10^{-5} \text{ radiánů} = 20,5''.$$

Uvažte polohu hvězdy  $\gamma$  Dra a uveďte, souhlasí-li přibližně poloměr kružnice z obr. 1 s hodnotou poloměru aberační kružnice. Diskutujte tvar aberační elipsy v závislosti na ekliptikálních souřadnicích hvězdy.

Diskuse výsledků:

Vzhledem k tomu, že hvězda  $\gamma$  Dra je téměř nad severním pólem Země, tak má vliv na ni přibližně nulový. Poloměr kružnice velmi souhlasí s poloměrem aberační kružnice. Ivar aberační elipsy by se měl v ekliptikálních souřadnicích hvězdy v podstatě změnit na aber. kružnici.



Obr. 1.

⑥ Bradley se zpočátku domníval, že objevil paralaxu hvězdy. Jak se projeví paralaxa hvězdy? Jak lze odlišit paralaxu od aberace? Bude mít při naší přesnosti výpočtů a zákresu paralaxa vliv na polohu hvězdy  $\gamma$  Dra?

Diskuse výsledků:

Paralaxa hvězdy se projeví tak, že budeme-li měnit souřadnice hvězdy z různých míst Země, naměříme malinko odlišné souřadnice. Naše výsledky porovnáme vzhledem ke své velikostní změně a odlišit od aberace tak, že se nemění množitel od aberace.



⑦ Polohy hvězd se mění i v důsledku vlastních pohybů hvězd. Ovlivní vlastní pohyby hvězdy  $\gamma$  Dra naše výsledky?

⑧ Jen shodou okolností by střední poloha hvězdy  $\gamma$  Dra souhlasila se středem aberační kružnice (srovnejte na obr. 1). Střední poloha může být posunuta vůči středu kružnice až o  $\pm 9,2''$  v šířce a  $\pm 6,8''$  v délce (souhlasí to se situací na obr. 1?). Jde o vliv nutace. Kdybychom chtěli podrobněji prozkoumat vliv nutace na polohu hvězdy, bylo by třeba pokrýt delší interval než jeden rok. Ideální by bylo sledovat polohu po 19 let, neboť pak bychom zjistili oscilace polohy způsobené nutací s periodou 18,7 let a amplitudou, kterou jsme již uvedli.

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím kapitoly A16 knihy M. J. G. Minnaerta: Practical work in elementary astronomy (D. Reidel, Dordrecht 1969). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



## ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

### Precese, aberace, nutace

V astronomických ročenkách bývá pro řadu jasných hvězd uvedena poloha opravená o refrakci a denní aberaci. Tato poloha se však v průběhu roku mění; teprve když ji opravíme o vlivy roční aberace, paralaxy, precese a nutace, dostaneme s časem neměnnou polohu (až na vlastní pohyby hvězd). Tu nazýváme střední poloha hvězdy (k dané epoše).

V úloze budeme studovat, proč se mění polohy hvězd. Z historických důvodů si vybereme hvězdu  $\gamma$  Draconis, kterou s úspěchem pozoroval v letech 1725 - 1747 James Bradley (na základě pozorování této hvězdy objevil aberaci a nutaci). Potřebné údaje převzeme z ročenky „Astronomičeskij ježegodnik SSSR na 1985 god“. Pro hvězdu  $\gamma$  Dra je uvedeno:

střední poloha: rektascenze  $\alpha(1985,0) = 17^h 56^m 15,341^s$ ,

deklinace  $\delta(1985,0) = 51^\circ 29' 25,14''$ ,

roční změna v  $\alpha$  vlivem precese:  $+1,394''$ ,

roční změna v  $\delta$  vlivem precese:  $-0,35''$ ,

paralaxa:  $0,020''$ ,

vlastní pohyb v rektascenzi  $\mu_\alpha = -0,0014''$  za rok,

vlastní pohyb v deklinaci  $\mu_\delta = -0,020''$  za rok.

#### Pracovní postup:

① V tabulce 1 jsou vypsány polohy opravené o refrakci a denní aberaci pro dny v intervalu přibližně dvou měsíců. Protože nás zajímají jen malé změny rektascenze  $\alpha$  a deklinace  $\delta$ , stačí pracovat pouze s časově úhlovými sekundami (úhlovými vteřinami). Převedte rektascenzi z časově úhlové míry do úhlové (vše zapisujte do tabulky 1).

② Do grafu (obr. 1) vynesete polohy hvězd: jako souřadnici  $x$  vynášejte  $\alpha \cos \delta$ , jako souřadnici  $y$  pak  $\delta$  (pro hvězdu  $\gamma$  Dra je  $\cos \delta = 0,623$ ). Měřítka na obou osách musí být stejná. K označení bodů použijte plné kroužky. Vynesete též střední polohu  $\alpha(1985,0)$  a  $\delta(1985,0)$  - označte ji křížkem.



Tabulka 1.

Datum	$\alpha(1985,0)$ 17 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> +	$\delta(1985,0)$ 51° 28' +	Precese $\nabla \alpha$	Precese $\nabla \delta$	$\alpha - \text{prec}_\alpha$	$\delta - \text{prec}_\delta$
7. 1.	12,92 <sup>s</sup> = 193,8"	74,25"	0"	0"	193,8	74,25
8. 3.	14,82 <sup>s</sup> = 222,3"	59,53"	3,485 - 0,058		218,8	59,57
7. 5.	17,06 <sup>s</sup> = 255,9"	65,60"	6,970 - 0,116		248,9	65,72
6. 7.	17,86 <sup>s</sup> = 267,9"	84,03"	10,45 - 0,174		257,5	84,20
4. 9.	16,67 <sup>s</sup> = 250,1"	96,53"	13,94 - 0,232		236,2	96,76
3. 11.	14,74 <sup>s</sup> = 221,1"	92,64"	17,43 - 0,290		203,7	92,93
32. 12.	14,34 <sup>s</sup> = 215,1"	73,96"	20,91 - 0,350		194,2	74,31

③ Abychom pochopili příčinu změn poloh hvězdy, musíme odstranit vlivy precese. Precesi stačí znát přibližně. Protože známe pro tuto hvězdu roční změny rektascenze a deklinace způsobené precesí, bude výpočet jednoduchý.

Vypočítejte a запиšte do tabulky 1 hodnoty precese, jak postupně narůstají od začátku roku 1985 ve dvouměsíčních intervalech (pro začátek roku jsou hodnoty precese v  $\alpha$  i  $\delta$  nulové, za rok dosáhnou velikosti ročních změn). Omezte vhodně počet platných míst ve výsledku.

④ Opravte souřadnice hvězdy  $\gamma$  Dra o precesi, výsledek запиšte do tabulky 1 a do grafu (obr. 1) vynesete opravené souřadnice podobným způsobem jako v bodě 2. Pro odlišení od předchozích bodů vykreslete tyto opravené polohy jako malé prázdné kroužky. Nové body by měly ležet téměř na kružnici. Zakreslete do obr. 1 tuto kružnici a určete její poloměr.

Poloměr kružnice = 20".

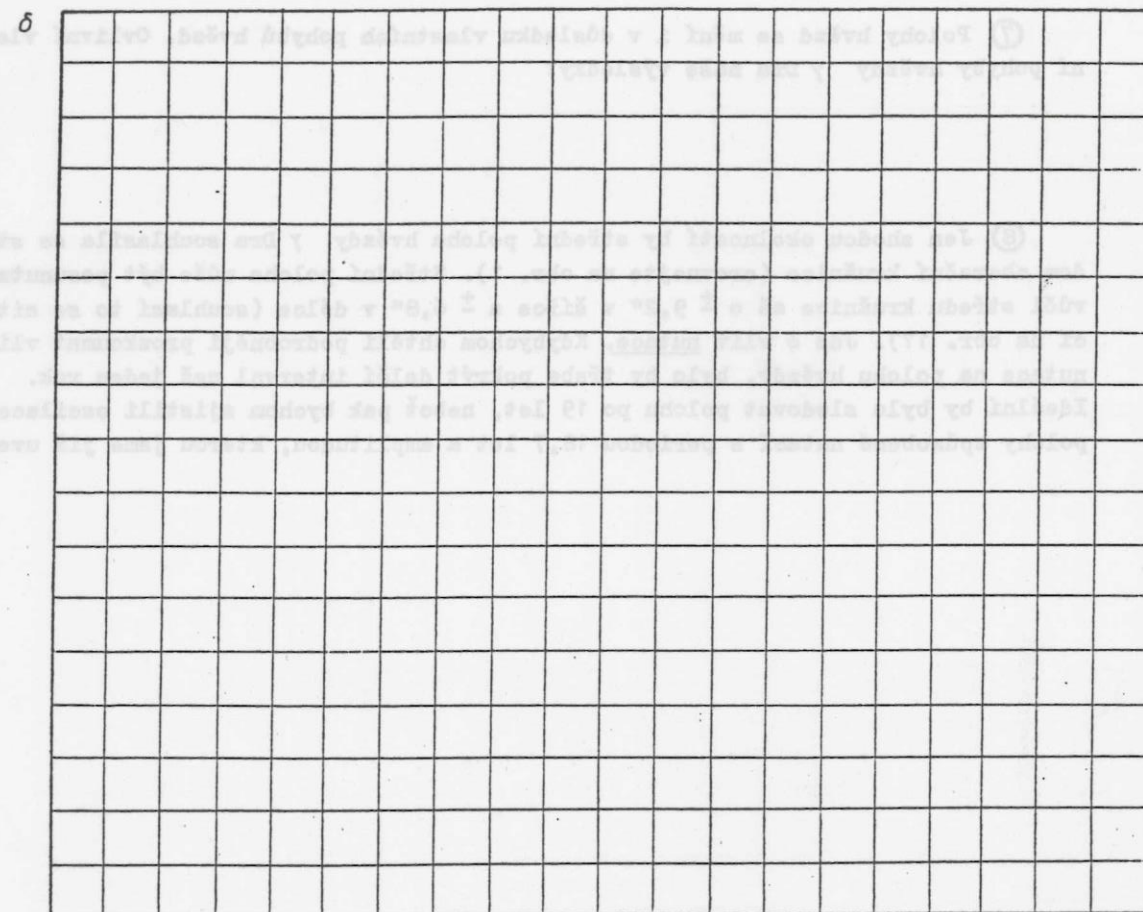
⑤ Jak dnes víme, křivka spojující body opravené o precesi je aberační elipsou. Pro hvězdy blízko pólu ekliptiky přechází elipsa v kružnici s poloměrem

$$r_{\text{aber}} = \frac{\text{oběžná rychlost Země kolem Slunce}}{\text{rychlost šíření světla}} = \frac{29,8}{299\,800} =$$

$$= 9,93 \cdot 10^{-5} \text{ radiánů} = 20,5''.$$

Uvažte polohu hvězdy  $\gamma$  Dra a uveďte, souhlasí-li přibližně poloměr kružnice z obr. 1 s hodnotou poloměru aberační kružnice. Diskutujte tvar aberační elipsy v závislosti na ekliptikálních souřadnicích hvězdy.

Diskuse výsledků:



$\alpha' \cos \delta$

Obr. 1.

⑥ Bradley se zpočátku domníval, že objevil paralaxu hvězdy. Jak se projeví paralaxa hvězdy? Jak lze odlišit paralaxu od aberace? Bude mít při naší přesnosti výpočtů a zakresl paralaxa vliv na polohu hvězdy  $\gamma$  Dra?

Diskuse výsledků: