



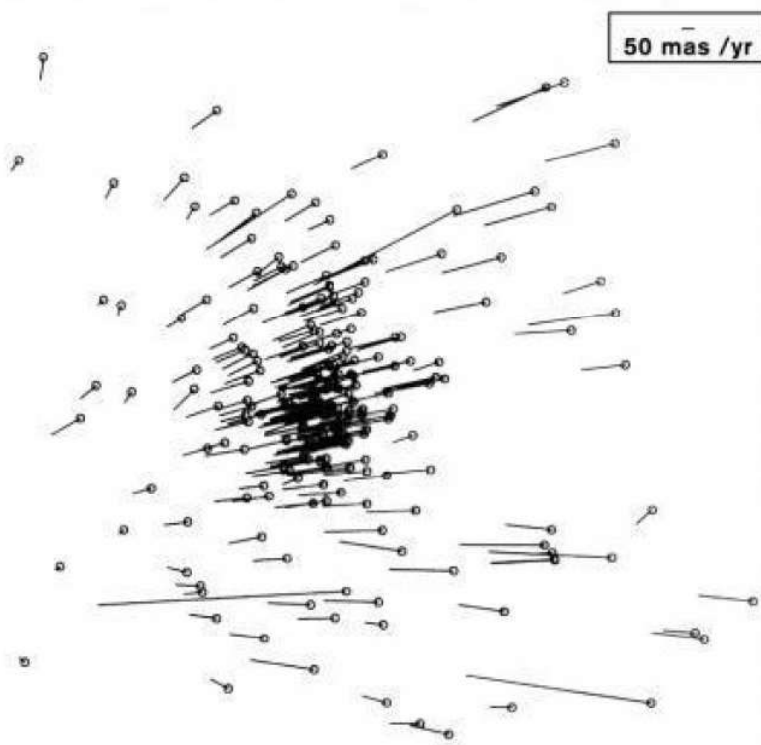
ZÁKLADY ASTRONOMIE 1

Praktikum 7.

VZDÁLENOST HVĚZDOKUPY HYÁDY

1 Úvod

Určování vzdáleností ve vesmíru je jednou ze základních úloh. Stále neexistuje jednotná metoda pro určování vzdáleností v celém vesmíru. Zpravidla jedna metoda navazuje na další, která určovala o něco menší vzdálenosti. Mluvíme pak o tzv. kosmickém žebříku vzdáleností. Jednu z desítek existujících metod si nyní vyzkoušíme u blízké otevřené hvězdokupy Hyády ze souhvězdí Býka. Hyády jsou také pohybovou hvězdokupou, což znamená, že hvězdy z hvězdokupy se vůči vzdáleným hvězdám pohybují zhruba stejným směrem a stejnou rychlostí. Hyády jsou nejjasnější hvězdokupou na naší obloze. Tvoří je přibližně 200 hvězd o průměrných teplotách a velikostech srovnatelných se Sluncem. Jestliže zakreslíme vlastní pohyby hvězd z Hyád do mapy hvězdné oblohy, uvidíme, že směřují k jednomu bodu – tzv. úběžníku. Z jeho polohy a z měření radiálních rychlostí hvězd můžeme vypočítat vzdálenost celé hvězdokupy. Přestože je tato metoda určování vzdáleností při precizním provedení poměrně přesná, je použitelná jen u několika blízkých pohybových hvězdokup. V posledních letech se jako zcela nezávislá metoda pro určování vzdáleností v naší Galaxii i mezi sousedními galaxiemi využívá zákrytových dvojhvězd. Ty mohou posloužit i k ověření vzdálenosti určené pomocí úběžníku pohybových hvězdokup.



Obr. 1: Vlastní pohyby hvězd z Hyád, měřené družicí Hipparcos. Malá úsečka vpravo nahoře udává velikost vlastního pohybu 50 tisícín úhlové vteřiny za rok.

2 Pracovní postup

1. Pro paralaxu π hvězdy (člena hvězdokupy) a tedy i její vzdálenost $r = 1/\pi$ lze psát:

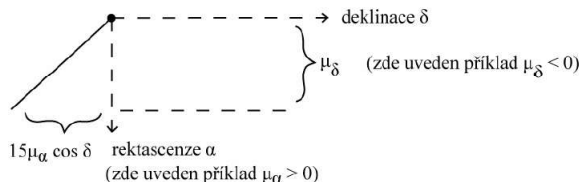
$$\pi = \frac{4,74\mu}{v_r \operatorname{tg} \vartheta} \quad (3)$$

kde μ značí vlastní pohyb hvězdy (z hvězdokupy) za rok, v_r její radiální rychlost a ϑ úhel mezi směrem ke hvězdě a směrem k úběžníku hvězdokupy. Uvedený vztah odvoďte a ověřte tak i hodnotu konstanty 4,74.

2. V tabulce 9 jsou uvedeny rovníkové souřadnice rektascenze α a deklinace δ osmi hvězd z Hyád a jejich složky vlastních pohybů za rok v rektascenzi ($15\mu_\alpha \cos \delta$) a deklinaci (μ_δ). Podle vztahu

$$\mu = \sqrt{[(15\mu_\alpha \cos \delta)^2 + \mu_\delta^2]} \quad (4)$$

spočtete hodnotu celkového vlastního pohybu μ za rok a запиšte ji do tabulky 9. Vztah 4 je jistým zjednodušením reálné situace. Složky vlastního pohybu v rektascenzi a deklinaci jsou tak malé, že pravoúhlý sférický trojúhelník přejde v trojúhelník rovinný s přeponou μ , takže je možné použít Pythagorovu větu. Využití zjednodušeného vztahu 4 je tedy zcela v pořádku.



Obr. 2: Příklad zákresu hvězdy a jejího vlastního pohybu.

3. Znázorněte v grafu polohy všech osmi hvězd a úsečkami znázorněte jejich vlastní pohyby. Graf můžete vytvořit ručně na milimetrovém papíru nebo i na počítači. V každém případě ale dbejte na správný popis os, na směr, ve kterém se zvětšuje rektascenze a deklinace, tedy na správnou orientaci souřadných os. Pro snazší splnění úkolu napovíme rozmezí stupnic: stupnici rektascenze volte v rozmezí od $3^{\text{h}}50^{\text{m}}$ do $7^{\text{h}}0^{\text{m}}$, deklinace od 0° do 30° , přičemž měřítko budou v obou osách stejná, tedy $1^{\text{h}} = 15^\circ$, $4^{\text{m}} = 1^\circ$). Abychom mohli zakreslit úsečky vlastního pohybu musíme pro ně zvolit jiné měřítko než pro samotné souřadnice hvězd. Vhodné je zvolit, že $0,1''$ odpovídá 20 mm. Výsledný graf přiložte k protokolu.

4. Výsledný graf vykreslený ručně nebo vytištěný poté, co jsme jej vytvořili na počítači, nám poslouží pro další úkol. Prodloužíme v něm všechny úsečky vlastních pohybů hvězd a pokusíme se najít polohu úběžníku. Z grafu lze také odečíst přibližnou hodnotu úhlu ϑ . Pro přesné řešení je třeba vypočítat úhel ϑ ze základních vztahů sférické trigonometrie pro úhlovou vzdálenost dvou bodů daných svými sférickými souřadnicemi. Pro zjednodušení použijeme pro řešení úlohy hodnoty ϑ uvedené v tabulce 9.

5. V tabulce 9 máme nyní hodnoty všech veličin, které potřebujeme pro výpočet paralaxy dle vztahu 3, respektive vzdálenosti. Vypočtete je a запиšte do posledního sloupce tabulky 9. Ze vzdáleností 8 hvězd – členů otevřené hvězdokupy Hyády spočtete průměrnou hodnotu, její chybu. Spočítejte také vzdálenost hvězdokupy v parsecích a světelných letech včetně příslušných chyb. Diskutujte dosaženou přesnost a velikost chyby aritmetického průměru s reálnou chybou určení vzdálenosti Hyád pomocí úběžníku. Získanou vzdálenost srovnajte s hodnotou uváděnou v literatuře. Nezapomeňte správně citovat zdroj uvedené hodnoty vzdálenosti.

Použité zdroje a další materiály ke studiu

- Minnaert, M. G. J., Practical Work in Elementary Astronomy, D. Reidel, Dordrecht, 1969
 Minnaert, M. G. J., Praktická astronómia, překlad L. Druga, Obzor, Bratislava 1979
 Pokorný, Z., Vademecum. Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně, 2006
 Van Bueren, H., Bull. Astron. Inst. Netherl. 11, 385, 1952

Úloha: Vzdálenost hvězdokupy Hyády

Jméno: . . . Plšek Tomáš

Datum odevzdání: . . 24.11.2016

Shrnutí úkolů:

1. Odvoďte vztah 3

$$\pi = \frac{4,74\mu}{v_r \text{tg} \vartheta}$$

2. Spočítejte dle vztahu 4 vlastní pohyb μ hvězd z otevřené hvězdokupy Hyády a doplňte je do tabulky 9.
3. Zakreslete do grafu polohy a vlastní pohyby hvězd z tabulky 9. Graf přiložte k protokolu.
4. V grafu protáhněte úsečky vlastních pohybů a najděte úběžník.
5. Vypočítejte vzdálenosti hvězd a doplňte údaje do tabulky. Poté spočítejte průměrnou vzdálenost a chybu. Diskutujte chybu určení. Srovnajte s hodnotou vzdálenosti Hyád nalezenou v literatuře.

Vzdálenost hvězdokupy Hyády určená pomocí vlastních pohybů hvězd je **41,6 pc (135,4 ly)**

Vzdálenost hvězdokupy Hyády z literatury **47 pc (153 ly)**

(zdroj: . . . www.en.wikipedia.org)

Diskuse: 47 pc (153 ly) je střední vzdálenost (hvězdokupa samotná má průměr 33 ly) - jednotlivé hvězdy jsou různě daleko (my počítáme pouze s osmi hvězdami)

Srovnání:
 rozdíl $r = 5,4 \text{ pc (17,6 ly)}$

Tabulka 7: Vybrané hvězdy z Hyád

α (2000)	δ (2000)	$15\mu_{\alpha}\cos\delta$ ["]	μ_{δ} ["]	μ ["]	ϑ [°]	v_r [kms ⁻¹]	r [pc]
3 ^h 53,2 ^m	17° 20'	0,149	-0,028	0,152	37,5	31,6	33,66
4 ^h 11,3 ^m	5° 31'	0,152	0,010	0,152	32,5	35,8	31,66
4 ^h 20,6 ^m	15° 06'	0,112	-0,023	0,114	30,5	36,1	39,35
4 ^h 28,8 ^m	17° 07'	0,106	-0,046	0,116	29,0	40,5	40,83
4 ^h 38,1 ^m	12° 31'	0,103	-0,011	0,104	26,0	44,4	43,93
4 ^h 46,0 ^m	11° 42'	0,074	-0,004	0,074	24,0	38,2	48,49
5 ^h 03,1 ^m	21° 35'	0,068	-0,042	0,08	23,5	42,5	48,73
5 ^h 09,8 ^m	28° 02'	0,062	-0,070	0,094	26,5	41,3	46,22

6. Navrhnete alespoň jednu metodu, jak jinak by bylo možné zjistit vzdálenost Hyád. Popište nejen navrženou metodu/-y ale i jaké údaje jsou pro ni potřebné a zda jsou dostupné například na internetu.

Např. pomocí modulu vzdálenosti: $m - M = 5 \log(r) - 5$,

kde r.....vzdálenost [pc]

m.....hvězdná velikost (naměřená - fotometricky = hustota světelného toku)

M.....absolutní hvězdná velikost (jasnost objektu při sledování ze vzdálenosti 10 pc)

M jednotlivých hvězd samozřejmě musíme zjistit buď v literatuře nebo ji určíme pomocí

Hertzsprungova-Russellova diagramu - pomocí spektroskopu zjistíme spektrální typy jednotlivých hvězd

Data jsou dostupná v odborných publikacích nebo na internetu

např.: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hyades_\(star_cluster\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hyades_(star_cluster))

<http://www.starobserver.eu/openclusters/hyades.html>