

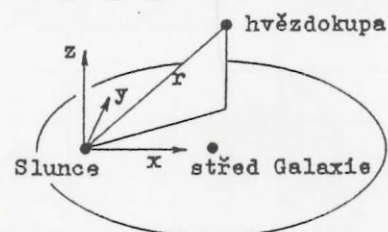
(z polohy horizontální větve a mezery v ní). V sousedním sloupci je uvedena velikost extinkce světla, způsobená mezihvězdnou látkou. Pozorovanou hvězdnou velikost opravte o vliv extinkce (přičtete nebo odečtete hodnotu extinkce?).

② Znáte-li pozorovanou hvězdnou velikost  $m$  hvězd typu RR Lyr, vypočítejte vzdálenost  $r$

$$r = 10^{(m + 5 - M)/5}, \quad (\text{pc})$$

kde  $M = 0,6$  mag. Výsledky poznačte do tabulky 1.

③ Z galaktických souřadnic  $l$ ,  $b$  a vzdálenosti  $r$  vypočítejte pravouhlé souřadnice  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , které budete nadále používat. Potřebné vztahy pro výpočet:



$$\begin{aligned} x &= r \cos l \cos b, \\ y &= r \sin l \cos b, \\ z &= r \sin b. \end{aligned}$$

Výsledky opět запиšte do tabulky 1.

④ Do řezu v rovině  $x$ - $z$  (obr. 2) vynesete ve vhodném měřítku souřadnice  $x$ ,  $z$  hvězdokup. Z grafu stanovte střed rozložení bodů, např. dělením na symetrické části. Takto najdete střed Galaxie, takže můžete určit vzdálenost Slunce od tohoto středu. Odpovídá v současné době přijatým hodnotám?

Vzdálenost Slunce - střed Galaxie: 7,6 kpc

⑤ Do téhož grafu vynesete souřadnice 12 hvězdokup, ležících poblíž galaktického rovníku (tabulka 2). Všimněte si zastínění, které způsobuje jádro Galaxie. Kdybyste pro určení vzdálenosti Slunce od středu Galaxie vzali v úvahu i tyto hvězdokupy, vzdálenost byste podcenili.

⑥ Postup popsaný v bodech 4 a 5 opakujte i pro řez v rovině  $x$ - $y$  (obr. 3). Změní se výsledek?

Vzdálenost Slunce - střed Galaxie: 7,5 kpc

Diskuse výsledků:

*Výsledky přibližně odpovídají přijatým hodnotám, pos řez v rovinách  $x$ - $z$ ,  $x$ - $y$ , ( $i$   $y$ - $z$ ) se výsledky mírně liší, ale nevelmi.*

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím článku A. Hirshfelda: Laboratory exercises in astronomy - how far is the galactic center? (Sky and Telescope 68, 1984, č. 6, 498-502). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



## ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

5.6

### Vzdálenost středu Galaxie

„Připomínám každému, kdo bude měřit hvězdný vesmír, že hvězdné kupy jsou signální světla. Ukazují cestu do centra Galaxie i na její okraje ... Kulové hvězdokupy jsou svého druhu kostra - vágní kostra celé Galaxie, první a stále nejlepší indikátory jejího rozsahu a tvaru.“

Harlow Shapley (1914)

H. Shapley určil rozborem vzdáleností a poloh 69 kulových hvězdokup vzdálenost středu Galaxie asi na 15 kpc. Jeho práce z počátku tohoto století přesvědčivě ukázaly, že Slunce není poblíž středu Galaxie, jak se až do té doby většinou soudilo. V praktiku budeme opakovat Shapleyho postup, využijeme však moderních fotometrických dat. Vyjdeme z předpokladu, že kulové hvězdokupy jsou v Galaxii rozloženy středově symetricky. Zjistíme-li prostorové rozložení hvězdokup, můžeme určit i vzdálenost středu Galaxie od našeho pozorovacího stanoviště.

U kulových hvězdokup jsou všechny hvězdy hvězdokupy od nás prakticky stejně daleko. Budeme-li znát vzdálenosti byt jen některých hvězd hvězdokupy, známe vlastně vzdálenost celé hvězdné soustavy.

Na obr. 1 je schematicky zakreslen barevný diagram hvězdokupy. Pro náš úkol je důležitá zejména horizontální větev, neboť v ní se nacházejí pulsující hvězdy typu RR Lyrae. Pro své změny jasnosti obvykle v diagramu nejsou zakresleny, což se projeví jako mezera v horizontální větvi. Tato mezera nám tudíž prozrazuje, jakou pozorovanou (střední) hvězdnou velikost mají hvězdy typu RR Lyrae. Protože jejich absolutní hvězdná velikost je pro všechny tyto hvězdy přibližně stejná ( $M = 0,6$  mag), lze vypočítat vzdálenost hvězd a tedy i celé hvězdokupy.

Poněvadž známe směry, v nichž se na naší hvězdné obloze hvězdokupy nacházejí, můžeme (při známé vzdálenosti) zjistit prostorové rozložení hvězdokup.

#### Pracovní postup:

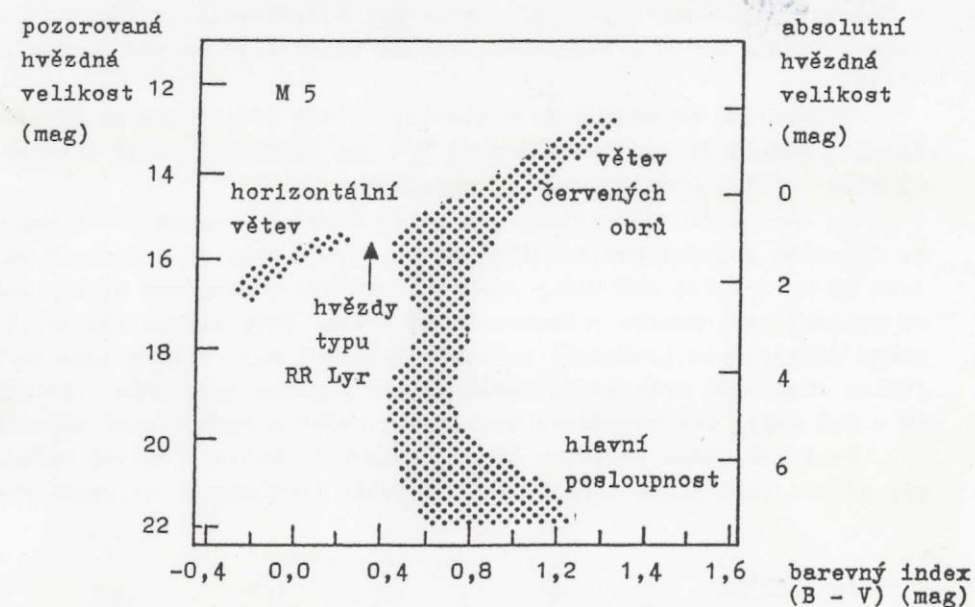
① Pro 20 vybraných kulových hvězdokup je v tabulce 1 uvedena pozorovaná hvězdná velikost hvězd typu RR Lyr, která byla zjištěna z barevných diagramů

(→ strana 4)



Tabulka 1.

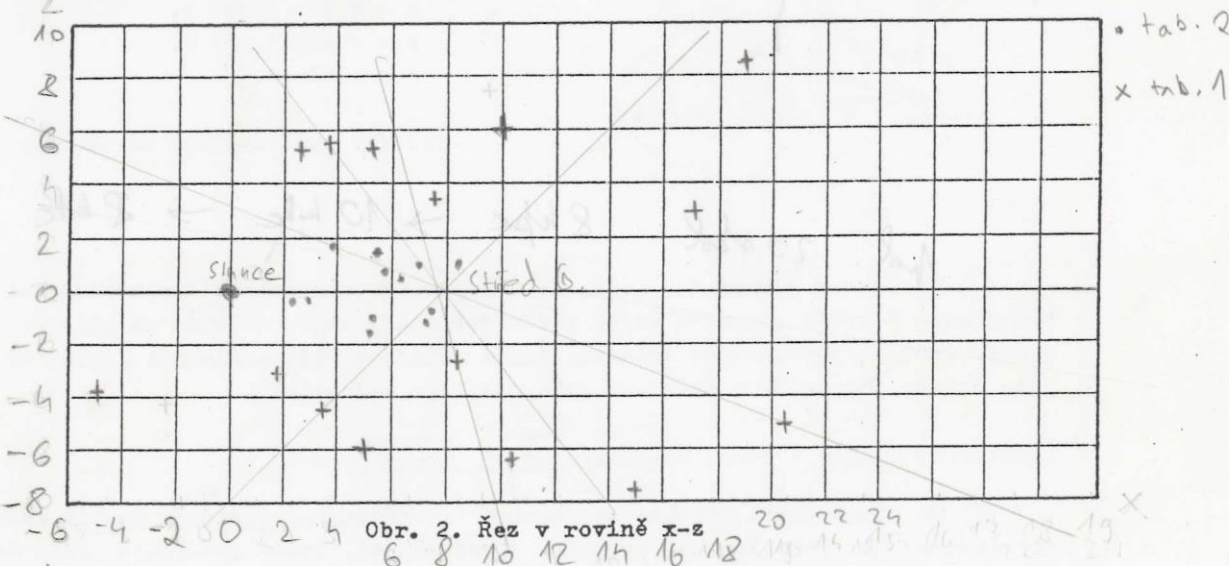
Hvězdotrupa	Hv. velik. RR Lyr (mag)	Extinkce (mag)	Vzdálenost (kpc)	Gal. souř.		Pravouhlé souřadnice		
				l	b	x	y	z
47 Tucanae	14,0	0,13	4,5082	305,9°	-44,9°	1,872	-2,587	-3,182
NGC 288	15,3	0,10	8,3176	149,7	-89,4	-0,08	0,04	-8,32
NGC 2298	16,4	0,36	12,2462	245,6	-16,0	-4,86	-10,72	-3,38
M 68	15,6	0,10	9,5499	299,6	36,0	3,82	-6,72	5,61
NGC 5466	16,5	0,17	13,9959	42,1	73,6	2,93	2,65	12,43
IC 4499	17,7	0,79	18,2810	307,4	-20,5	10,10	-13,60	-6,40
NGC 5824	17,9	0,46	23,3346	332,6	22,1	19,19	-9,45	8,78
Palomar 5	17,3	0,10	20,8930	0,9	45,9	11,54	0,23	15,00
NGC 5897	16,2	0,20	12,0226	342,9	30,3	9,92	-3,05	6,07
M 5	15,1	0,10	7,5858	3,9	46,8	5,18	0,25	5,53
M 80	15,9	0,69	8,3560	352,7	19,5	7,81	-1,00	2,79
M 13	14,9	0,07	7,0146	59,0	40,9	2,73	4,54	1,59
NGC 6356	17,7	0,90	17,3780	6,7	10,2	16,99	2,00	2,08
M 54	17,7	0,46	21,2814	5,6	-14,1	20,54	2,01	-5,18
NGC 6723	15,3	0,03	8,5901	0,1	-17,3	8,20	0,01	-2,55
M 75	17,4	0,56	17,7011	20,3	-25,8	14,95	5,53	-7,70
M 72	16,9	0,10	17,3780	35,2	-32,7	11,95	8,53	-9,39
NGC 7006	18,7	0,43	24,1979	63,8	-19,4	14,24	28,94	-11,36
M 15	15,8	0,38	9,2045	65,0	-27,3	3,46	7,41	-4,22
M 30	15,2	0,03	8,2025	27,2	-46,8	4,99	-2,57	-5,95



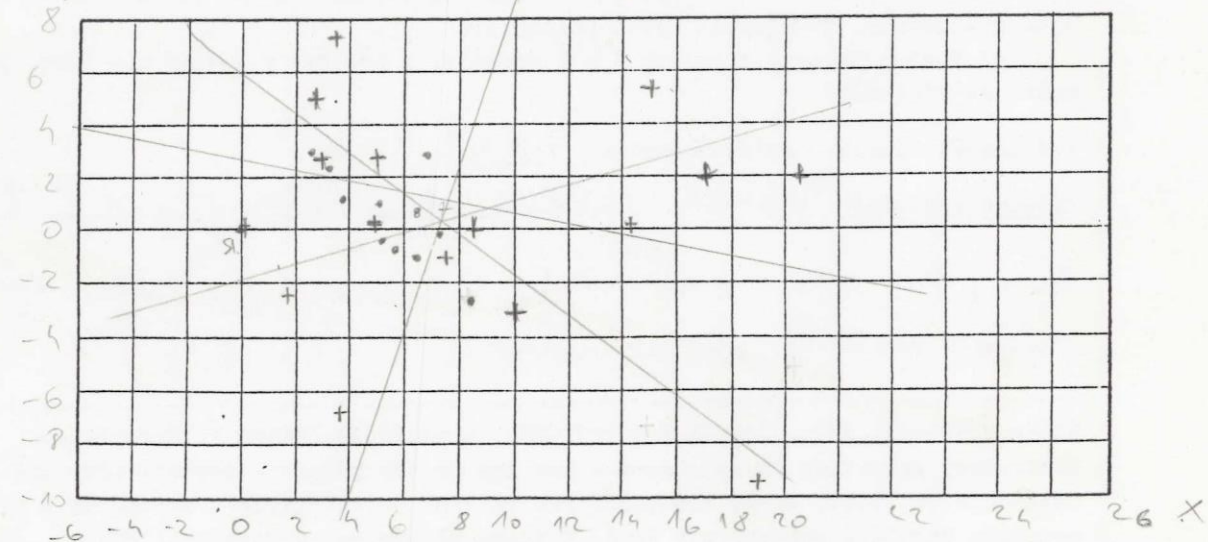
Obr. 1. Barevný diagram kulové hvězdokupy (schema)

Tabulka 2. Kulové hvězdokupy poblíž galaktického rovníku

Hvězdotrupa	Pravouhlé souřadnice (kpc)			Hvězdotrupa	Pravouhlé souřadnice (kpc)		
	x	y	z		x	y	z
NGC 5286	5,7	-6,5	1,6	NGC 6517	6,9	2,4	0,9
NGC 6139	8,5	-2,7	1,1	NGC 6541	6,6	-1,2	-1,3
M 10	3,9	1,0	1,7	NGC 6569	7,6	0,1	-0,9
M 62	5,8	-0,7	0,8	NGC 6642	5,2	0,9	-0,6
NGC 6304	5,2	-0,4	0,5	NGC 6760	3,1	2,2	-0,3
NGC 6401	6,3	0,4	0,4	M 71	2,2	3,3	-0,3



x - y



Obr. 3. Řez v rovině x-y