

# ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

## 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 byť 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.

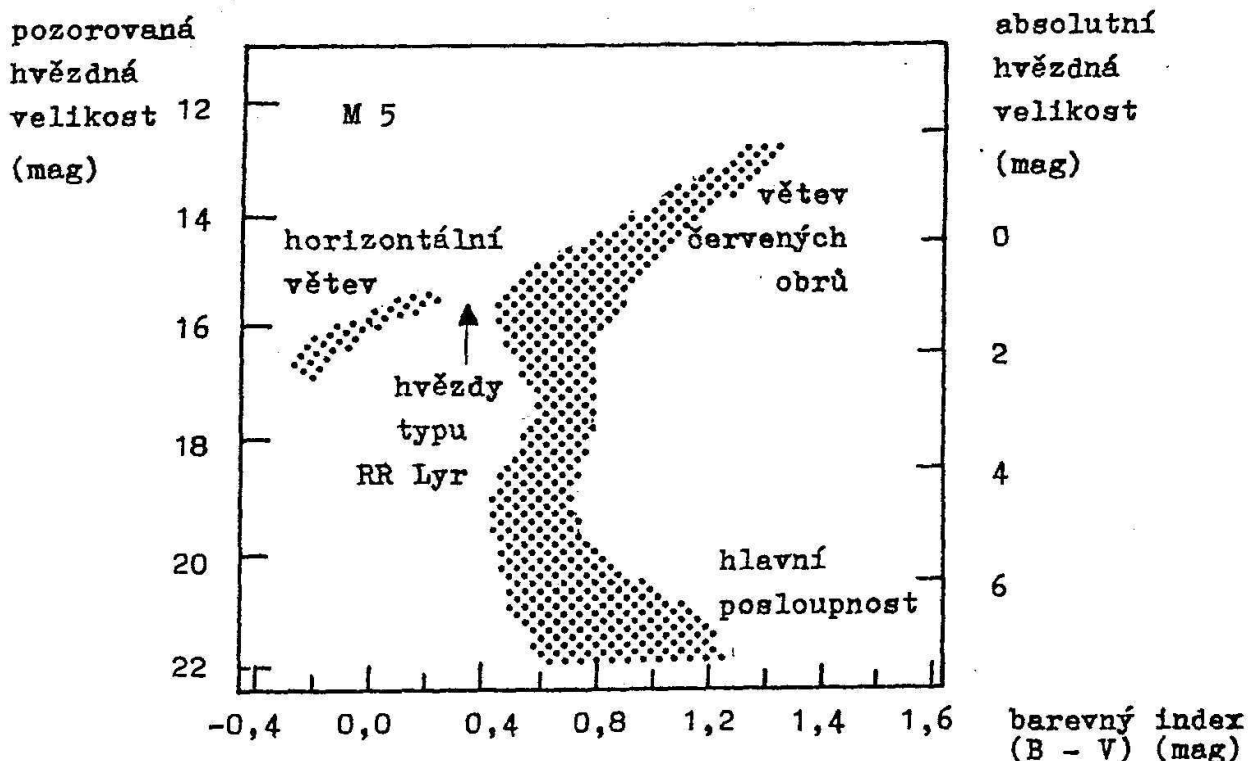
Poněvadž známe směry, v nichž se na naší hvězdné obloze hvězdokupy nacházejí, můžeme (při známé vzdálenosti) zjistit prostorové rozložení hvězdokup.

### 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

Tabulka 1.

Hvězdočupa	Hv. velik. RR Lyr (mag)	Extinkce (mag)	Vzdálenost (kpc)	Gal. souř.		Pravouhlé souřadnice		
				l	b	x	y	z
47 Tucanae	14,0	0,13	5,68	305,9°	-44,9°	2,1	-2,9	-3,6
NGC 288	15,3	0,10	4,12	149,7	-89,4	-0,1	0,0	-9,1
NGC 2298	16,4	0,36	17,06	245,6	-16,0	-6,8	-14,9	-4,7
M 68	15,6	0,10	10,47	299,6	36,0	4,2	-7,4	6,2
NGC 5466	16,5	0,17	16,37	42,1	73,6	3,4	3,1	15,7
IC 4499	17,7	0,79	37,84	307,4	-20,5	2,5	-28,2	-13,3
NGC 5824	17,9	0,46	35,65	332,6	22,1	29,3	-15,2	13,4
Palomar 5	17,3	0,10	22,91	0,9	45,9	15,9	0,3	16,5
NGC 5897	16,2	0,20	14,48	342,9	30,3	11,9	-3,7	7,3
M 5	15,1	0,10	8,32	3,9	46,8	5,7	0,7	6,1
M 80	15,9	0,69	15,78	352,7	19,5	14,8	-1,9	5,3
M 13	14,9	0,07	7,84	59,0	40,9	2,9	4,8	4,9
NGC 6356	17,7	0,90	34,81	6,7	10,2	38,9	4,6	7,0
M 54	17,7	0,46	32,51	5,6	-14,1	31,4	3,1	-7,9
NGC 6723	15,3	0,03	8,83	0,1	-17,3	8,4	0,0	-2,6
M 75	17,4	0,56	29,65	20,3	-25,8	25,0	9,3	-12,9
M 72	16,9	0,10	19,05	35,2	-32,7	13,1	9,2	-10,3
NGC 7006	18,7	0,43	20,82	63,8	-19,4	21,2	43,0	-16,9
M 15	15,8	0,38	13,06	65,0	-27,3	4,9	10,5	-6,0
M 30	15,2	0,03	8,43	27,2	-46,8	5,1	4,6	-6,1

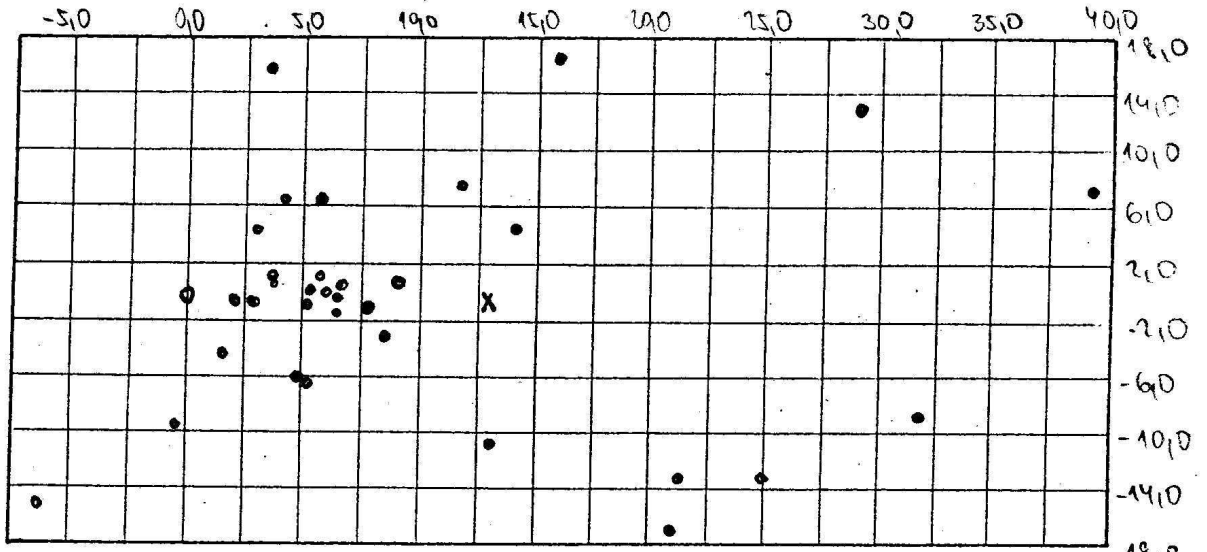


Obr. 1. Barevný diagram kulové hvězdočupy (schema)

Tabulka 2. Kulové hvězdokupy poblíž galaktického rovníku

Hvězdokupa	Pravoúhlé souřadnice (kpc)			Hvězdokupa	Pravoúhlé 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

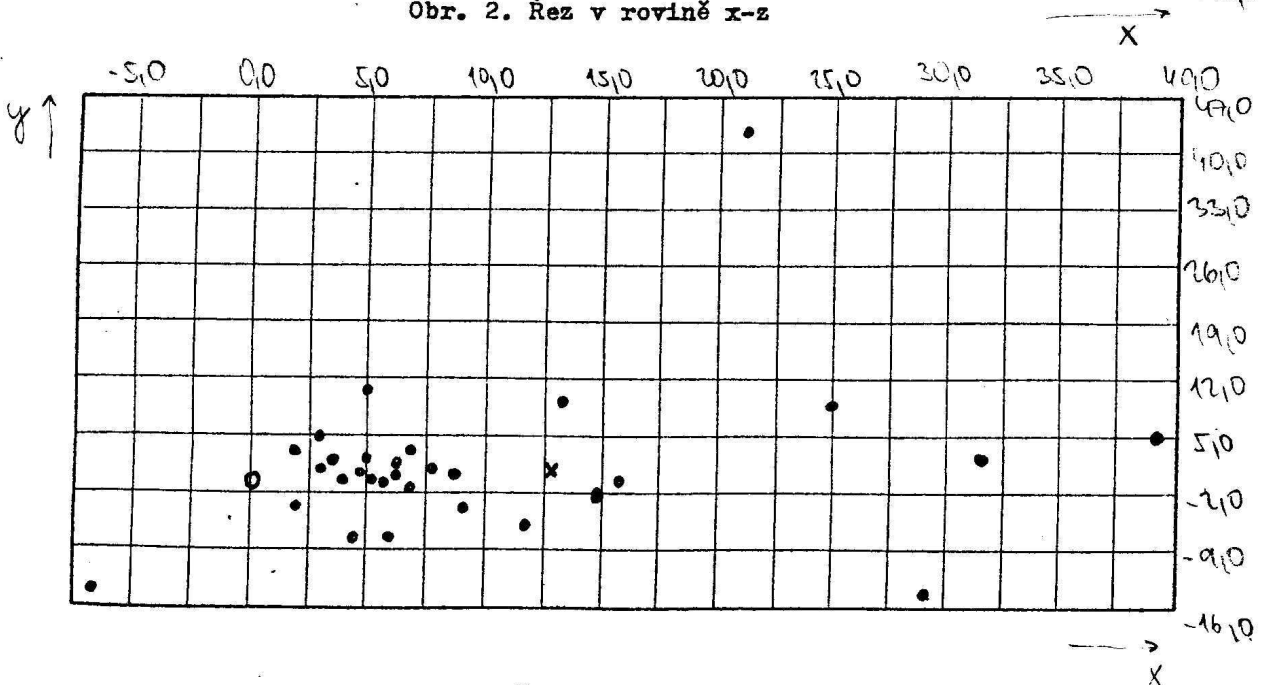
z  
↑  
zplášeni mapy  
x:z = 0,625:1,000



Obr. 2. Řez v rovině x-z

střed galaxie  
x = 12,64  
y = 0,184  
z = -0,155

zplášeni mapy  
x:y = 2,8:1,0



Obr. 3. Řez v rovině x-y

- x střed galaxie
- o poleha klusec
- kulové hvězdokupy
- kulové hvězdokupy poblíž galaktického rovníku

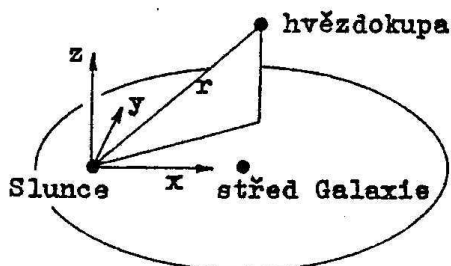
(z polohy horizontální větve a mezery v ní). V sousedním sloupci je uvedena velikost extinkce světla, způsobená mezihvězdnou látkou. Pozorovanou hvězdnou velikost opravte o vliv extinkce (přičtete nebo odečtete hodnotu extinkce?).

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

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

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 zapište 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: 12,65 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 popsany v bodech 4 a 5 opakujte i pro řez v rovině  $x$ - $y$  (obr. 3). Změní se výsledek?

Vzdálenost Slunce - střed Galaxie: 12,67 kpc

Diskuse výsledků:

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.