

ve vertikálním směru posunuty, neboť jsou od nás různě daleko (mají různý modul vzdálenosti). Ze vzájemných posuvů hlavních posloupností určete moduly vzdáleností ( $m - M$ ) a vzdálenosti  $r$  pro hvězdokupy M 44 a NGC 752 (navázáním na modul vzdálenosti pro Plejády, který již znáte). Výsledky zapište do tabulky 2.

⑤ Pro určení přibližného stáří hvězdokup je třeba určit, od které části hlavní posloupnosti se oddělily hvězdy při svém vývoji směrem k oblasti obrů. Pro snazší určení tohoto místa jsou v tabulce 3 uvedeny souřadnice hlavní posloupnosti nulového stáří. Vykreslete je do obr. 1 a spojte plynulou čarou. Takto získanou hlavní posloupnost nulového stáří přeneste na pauzovací papír, abyste vertikálním posunutím pauzovacího papíru mohli ztotožnit hlavní posloupnost nulového stáří se spodním okrajem hlavní posloupnosti hvězdokupy.

⑥ Nejjasnější hvězdy, které mají též největší hmotnost, opouštějí hlavní posloupnost první. Zakřivení vrchního konce hlavní posloupnosti pro hvězdokupu nás tedy informuje kvalitativně o stáří celé skupiny hvězd. Čím níže je toto zakřivení na hlavní posloupnosti, tím je studovaná skupina hvězd starší.

Z barevného diagramu (obr. 1) určete místo zakřivení hlavní posloupnosti a z údajů v tabulce 4 odhadněte stáří jednotlivých hvězdokup. Výsledky zapište do tabulky 2 a diskutujte. Co nám říká údaj „stáří“, uvedený v tabulce 4?

Diskuse výsledků, případně srovnání s údaji v literatuře:

	údaj z literatury	zjištěný údaj
	mod. stáří	mod. stáří
M 45	126	166
	$6,31 \cdot 10^7$ ✓	$5 \cdot 10^7$ ✓
M 44	168	158
	$7,34 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$ ✓
NGC 752	?	316
	?	$5 \cdot 10^9$

Zjištěné údaje se příliš neliší (aspoň u M 45)

ne přesnost: jsou spíše méně přesným odečtením z obrázku a grafu

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím kapitoly B33 knihy M. G. J. 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

5

### Stáří otevřených hvězdokup

Otevřené hvězdokupy patří mezi poměrně mladé objekty v Galaxii. Každou tvoří několik desítek až několik tisíc hvězd. Všechny hvězdy ve hvězdokupě jsou prakticky v téže vzdálenosti od nás. Sestrojíme-li si pro hvězdokupu Hertzsprungův-Russellův diagram (HR diagram), můžeme určit její vzdálenost (vhodným srovnáním s HR diagramem jiné hvězdokupy, jejíž vzdálenost známe). Můžeme též studovat vývojové efekty a přibližně určit stáří otevřené hvězdokupy. To bude též naším úkolem v této úloze.

#### Pracovní postup:

① Na obr. 1 jsou uvedeny barevné diagramy pro dvě otevřené hvězdokupy (na vodorovné ose je vynesena barevná index  $(B-V)$ , na svislé ose vizuální hvězdná velikost  $V$ ). Pro třetí hvězdokupu - M 45 (Plejády) - jsou tato data (pro 44 vybraných hvězd) uvedena v tabulce 1. Vynesete hodnoty  $V$  a  $(B-V)$  pro hvězdy z Plejád do diagramu ke zbývajícím dvěma hvězdokupám (vynášené body pro hvězdy z Plejád graficky odlišíte od bodů, jež jsou již na obr. 1 zakresleny, např. použijte malých křížků).

② Vzdálenost hvězdokupy Plejády je známa z měření vlastních pohybů a radiálních rychlostí hvězd - jde o jednu z blízkých pohybových hvězdokup. Vzdálenost  $r$  činí 126 pc, takže modul vzdálenosti

$$m - M = 5 \log r - 5 = 5,50.$$

③ Znalost modulu vzdálenosti ( $m - M$ ) umožňuje vynést do obr. 1 stupnici absolutních hvězdných velikostí  $M$ . Vyznačte tuto stupnici např. na pravém okraji obrázku 1.

④ Na barevném diagramu (obr. 1) jsou pro každou hvězdokupu zakresleny hvězdy hlavní posloupnosti i ty hvězdy (nejhmotnější ze všech ve hvězdokupě), které se již vzdálily od hlavní posloupnosti. Nyní je podstatná poloha hvězd hlavní posloupnosti. Hvězdy jedné hvězdokupy jsou vůči hvězdám druhé hvězdokupy

(→ strana 4)



Tabulka 1. Hvězdné velikosti a barevné indexy pro hvězdokupu M 45 (Plejády)

V	(B-V)	V	(B-V)	V	(B-V)	V	(B-V)
8,24	0,24	9,70	0,55	6,80	0,03	10,34	0,61
8,16	0,27	3,86	-0,07	6,98	0,03	8,36	0,28
5,45	-0,05	7,84	0,19	7,24	0,04	3,62	-0,09
3,69	-0,11	5,75	-0,04	7,76	0,15	5,08	-0,08
10,37	0,63	6,41	-0,03	6,80	0,06	7,51	0,10
5,64	-0,08	4,16	-0,06	2,86	-0,09	6,59	-0,03
4,29	-0,11	10,42	0,64	9,86	0,54	7,96	0,18
8,98	0,44	7,34	0,10	9,12	0,47	9,08	0,43
8,58	0,35	10,20	0,72	10,09	0,56	6,16	-0,05
10,12	0,60	9,28	0,46	5,44	-0,07	7,53	0,08
7,16	0,16	10,52	0,64	6,94	0,13	6,92	0,09

Tabulka 2.

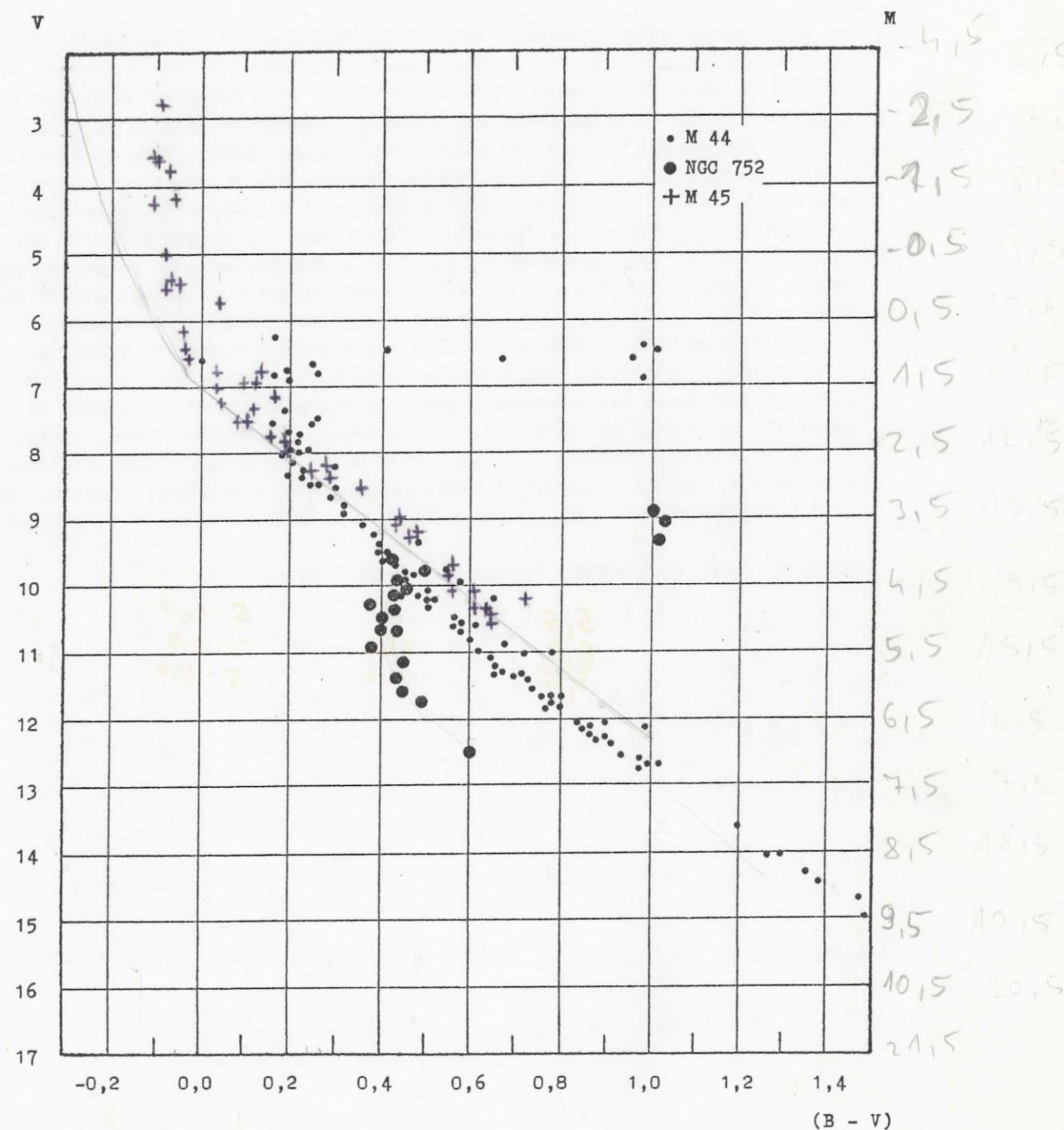
Hvězdokupa	(m - M) (mag)	r (pc)	stáří (roky)
M 45 (Plejády)	5,5	126	$5 \cdot 10^7$
M 44 (Praesepe)	6,0	158	$2 \cdot 10^9$
NGC 752	7,5	316	$5 \cdot 10^9$

Tabulka 3. Hlavní posloupnost nulového stáří

(B-V)	M	(B-V)	M	(B-V)	M	(B-V)	M
-0,3	-3,3	0,1	2,1	0,5	4,3	0,9	6,3
-0,2	-1,0	0,2	2,6	0,6	4,7	1,0	6,7
-0,1	0,5	0,3	3,2	0,7	5,3		
0,0	1,5	0,4	3,7	0,8	5,8		

Tabulka 4.

Spektrální typ	(B-V)	stáří (roky)
O 5	-0,35	$5 \cdot 10^5$
B 0	-0,31	$5 \cdot 10^6$
B 5	-0,16	$5 \cdot 10^7$
A 0	0,00	$3 \cdot 10^8$
A 5	0,13	$1 \cdot 10^9$
F 0	0,27	$3 \cdot 10^9$
F 5	0,42	$5 \cdot 10^9$
G 0	0,58	$7 \cdot 10^9$
G 5	0,70	$1 \cdot 10^{10}$

Obr. 1. HR diagram pro hvězdokupy M 45 (Plejády), NGC 752 a M 44 (Praesepe).  
Údaje převzaty z: Astrophysical Journal 117, 1953, s. 356 (NGC 752);  
Hvězdářská ročenka 1975, s. 261-262 (M 45) a s. 266-267 (M 44).