

## 6. Ze života hvězd

| veličiny | jednotky |      |     |     |     |     |    |     |                  |     |
|----------|----------|------|-----|-----|-----|-----|----|-----|------------------|-----|
| $T_{ef}$ | 30       | 20   | 15  | 10  | 8   | 6   | 5  | 4   |                  | kK  |
| spekt    | O5       | B0   | B5  | A0  | F0  | G0  | K0 | M0  |                  |     |
| $M_V$    | -4       | -2   | 0   | 2   | 4   | 6   | 8  |     |                  | mag |
| $M_b$    | -8       | -6   | -4  | -2  | 0   | 2   | 4  | 6   | 8                | mag |
| $L$      | E5       | E4   | E3  | E2  | 10  |     |    | E-1 | L-S              |     |
| $M$      | 30       | 20   | 10  | 5   | 3   | 2   |    | 0,6 | $M_S$            |     |
| $R$      | 15       | 10   | 5   | 3,5 | 2   | 1   |    | 0,8 | $R_S$            |     |
| $\rho$   | 0,02     |      | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 1   |    | 2   | $t \cdot m^{-3}$ |     |
| $\tau$   | E6       | E7   | E8  | E9  | E10 | E11 |    |     | rok              |     |
| $(B-V)$  | -0,3     | -0,2 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 1,0 |    |     | mag              |     |

### praktikum

## 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 tak, že vhodně srovnáme její HR diagram s HR diagramem jiné hvězdokupy, jejíž vzdálenost známe. Můžeme též studovat vývojové efekty a určit přibližné stáří otevřené hvězdokupy. To bude též naším úkolem v tomto praktiku.

### Pracovní postup:

1. Na obr. 1 jsou uvedeny barevné diagramy pro dvě otevřené hvězdokupy (na vodorovné ose je vynesena barevný 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. Vyneste hodnoty  $V$  a  $(B - V)$  pro hvězdy z Plejád do diagramu ke zbývajícím dvěma hvězdokupám (vynášené body pro hvězdy z Plejád graficky odlište 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. Podle měření družice Hipparcos (a následné interpretace těchto měření) činí vzdálenost  $r$  hvězd, tvořících hvězdokupu, 117 až 133 pc. Na základě těchto měření určete modul vzdálenosti  $(m - M)$  hvězdokupy.

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. V barevném diagramu (obr. 1) jsou pro každou hvězdokupu zakresleny hvězdy hlavní posloupnosti i ty hvězdy (nejhmotnější ze všech ve hvězdokupě), které se již následkem hvězdného vývoje vzdálily od hlavní posloupnosti. Nyní je podstatná poloha hvězd hlavní posloupnosti. Hvězdy jedné hvězdokupy jsou vůči hvězdám druhé hvězdokupy *ve svislém 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*. Dokreslete je do obr. 1 a spojte plynulou čarou. Takto získanou

## 6. Ze života hvězd

hlavní posloupnost nulového stáří přeneste na průsvitný papír, abyste posunutím průsvitného papíru ve svislém směru mohli ztotožnit hlavní posloupnost nulového stáří se *spodním okrajem* hlavní posloupnosti hvězdokupy.

6. Nejjasnější hvězdy, které mají též největší hmotnost, opouštějí hlavní posloupnost jako 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 запиšte do tabulky 2 a diskutujte.

Praktikum bylo připraveno s použitím kapitoly B33 knihy M. G. J. Minnaerta: *Practical Work in Elementary Astronomy* (D. Reidel, Dordrecht 1969).

**Vstupní data, výsledky:**

**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    |

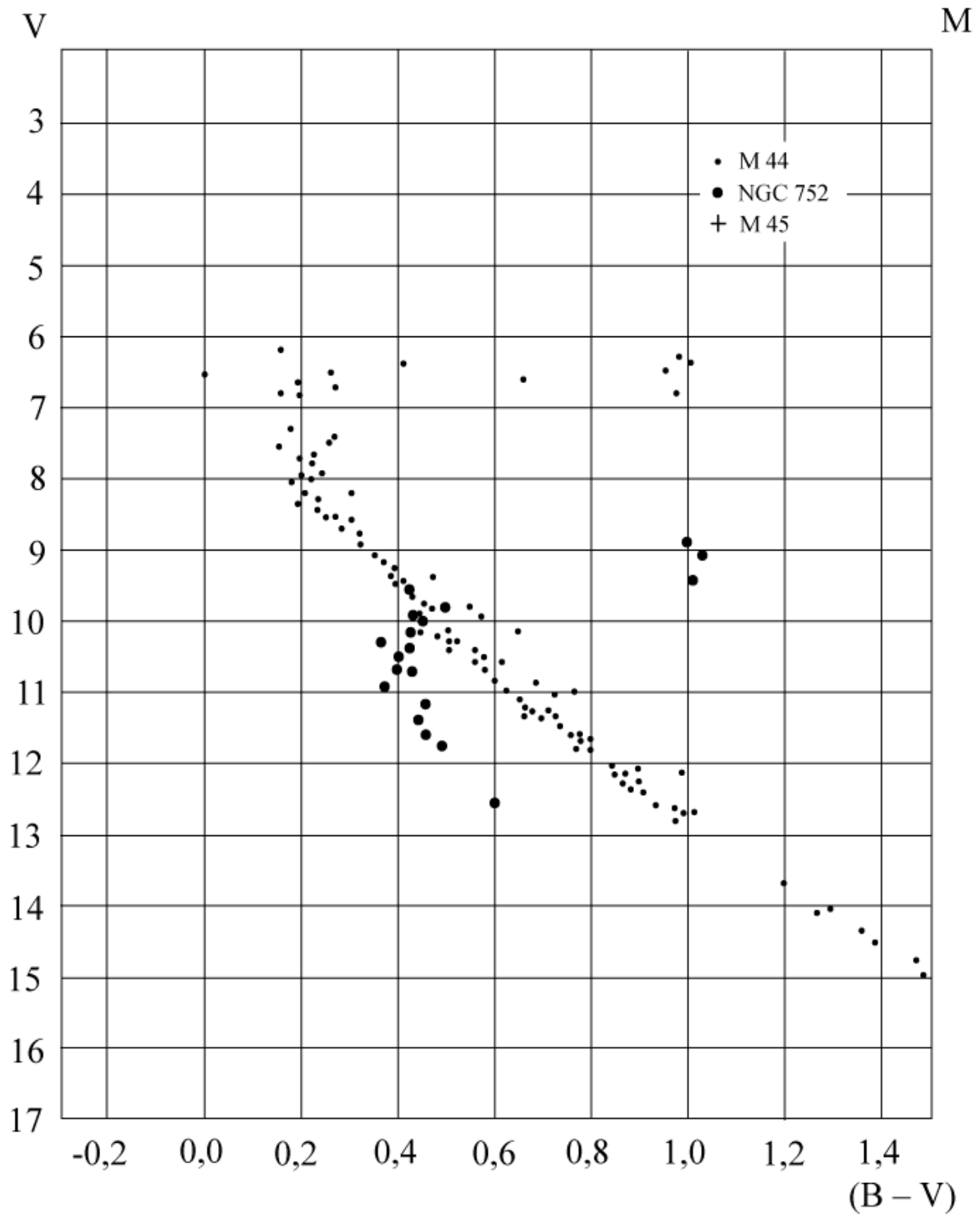
Modul vzdálenosti Plejád činí

$$m - M = 5 \log r - 5 = \underline{\hspace{2cm}} .$$

**Tabulka 2.**

| Hvězdokupa      | $(m - M)$ (mag) | $r$ (pc)   | stáří (roky) |
|-----------------|-----------------|------------|--------------|
| M 45 (Plejády)  |                 | 117 až 133 |              |
| M 44 (Praesepe) |                 |            |              |
| NGC 752         |                 |            |              |

## 6. Ze života hvězd



## 6. Ze života hvězd

---

**Tabulka 3. Hlavní posloupnost nulového stáří.**

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

**Tabulka 4.**

| <i>Spektrální typ</i> | $(B - V)$ (mag) | <i>stáří (roky)</i> |
|-----------------------|-----------------|---------------------|
| 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            | $1 \cdot 10^{10}$   |