Introduction à l'Astrophysique

Série 7: Corrigé

Laboratoire d'Astrophysique   http://lastro.epfl.ch
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
Semestre de printemps 2019

Exercice 1 : Classification Spectrale

a) En comparant l'indice de couleur $(B - V) = 1.64$ mag avec les valeurs de la table de données stellaires pour des étoiles de classe de luminosité V, nous identifions le type spectral de l'étoile comme étant M5. La correction bolométrique vaut $BC = -2.73$ mag.

b) La distance de l'étoile est :

$$d = \frac{1}{p['']} = 4\,\mathrm{pc}\,. \tag{1}$$

Le module de distance est :

$$\mu_V = m_V - M_V = 5\log(d[\mathrm{pc}]) - 5 = -1.99\,. \tag{2}$$

La magnitude visuelle absolue est par conséquent :

$$M_V = m_V + 1.99 = 11.79\,. \tag{3}$$

Des valeurs de la table, on sait qu'une étoile de classe spectrale M5 a une correction bolométrique $BC = -2.73$ mag, donc sa magnitude bolométrique absolue est :

$$M_{\mathrm{bol}} = M_V + BC = 9.06\,. \tag{4}$$

Pour évaluer la luminosité de l'étoile en luminosité solaire, nous utilisons l'équation :

$$M_{\mathrm{bol}} - M_{\mathrm{bol},\odot} = -2.5\log\left(\frac{L}{L_\odot}\right) \qquad \Rightarrow \qquad L = 1.71 \times 10^{-2}\ L_\odot\,, \tag{5}$$

où $M_{\mathrm{bol},\odot} = 4.64$ mag.

c) Dans la table des données stellaires, la température correspondant aux étoiles de la séquence principale de classe spectrale M5 vaut $T_{\mathrm{eff}} = 3240$ K. Connaissant la luminosité de l'étoile, nous pouvons en déduire son rayon R :

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\mathrm{eff}}^4 \qquad \Rightarrow \qquad R = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T_{\mathrm{eff}}^4}} = 2.89 \times 10^8\ \mathrm{m} = 0.41\,R_\odot\,. \tag{6}$$

d) Nous pouvons utiliser la relation masse-luminosité pour les étoiles de la séquence principale pour calculer la masse :

$$\log\left(\frac{L}{L_\odot}\right) = 3.8\log\left(\frac{M}{M_\odot}\right) + 0.08 \quad \Rightarrow \quad \frac{M}{M_\odot} = 10^{\frac{\log(L/L_\odot)-0.08}{3.8}} = 0.33 \tag{7}$$

Exercice 2 : Nuage moléculaire en effondrement

a) i. La conservation du moment cinétique : $I_0\omega_0 = I_f\omega_f$. Donc :

$$\omega_f = \frac{I_0\omega_0}{I_f} \propto \frac{4}{5}\frac{r_0^2\omega_0}{r^2}\,.$$

ii. On obtient :

$$r_f = \frac{(\frac{4}{5})^2\omega_o^2 r_o^4}{GM}\,.$$

b) i. Par le point précédant, on a :

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{r_f GM}}{\frac{4}{5}r_o^2}\,.$$

Numériquement nous obtenons : $\omega_0 \approx 2.5 \cdot 10^{-16}$ rad/s.

ii. La vitesse de rotation initiale au bord du nuage est $v_0 = \omega_0 r_0 \approx 3.7$ m/s.

iii. La vitesse angulaire finale du disque :

$$\omega_f = \frac{4}{5}\left(\frac{r_0}{r_f}\right)^2\omega_o \approx 2.0\cdot 10^{-10}\text{rad/s}$$

Ce qui donne une période de rotation, pour notre disque rigide, de

$$P = \frac{2\pi}{\omega_f}/(60*60*24*365) \approx 1000 \text{ années.}$$

iv. $P^2 = r^3/M$, avec P en années, r en AU, et M en $M_\odot$. Pour une masse solaire et 100 AU, on obtient bien une période de 1000 ans. Ce n'est pas étonnant, nous sommes partis, comme simplification, d'une équation décrivant l'orbite circulaire d'un point matériel autour d'un objet de masse M. Nos calculs précédants sont algébriquement équivalents à cette application de la troisième loi de Kepler.