Astrophysique L2 (LP210)
2012-2013,

Université Pierre et Marie Curie

Examen seconde session - 5 juin 2013
Sans documents, calculatrices de type collège autorisées

Constantes et quantités solaires :
Unité Astronomique : 1 UA = 1.5 $\times 10^{11}$ m
Constante de la gravitation : G = 6.67 $\times 10^{-11}$ m^3 sec^{-2} kg^{-1}
Masse du proton : m_p = 1,67 10^{-27} kg
Température de surface du Soleil = 5770 K
Luminosité du Soleil : L$_\odot = 4 \times 10^{26}$ W
Magnitude absolue (bolométrique) du Soleil : $\mathcal{M}_\odot = 4.75$
Masse du Soleil : M$_\odot = 2 \times 10^{30}$ kg
Rayon du Soleil : R$_\odot = 7 \times 10^8$ m
Constante de Stefan-Boltzman : σ = 5.67 $\times 10^{-8}$ SI
Constante de Boltzman : k_B = 1.38 $\times 10^{-23}$ J/K
NB. Le symbole "$\odot$" repésente le Soleil.

La plupart des questions ne demandent que des calculs simples. Pour toute application numérique, on donnera au préalable la forme littérale.

On suppose une étoile de masse solaire et de rayon solaire avec une magnitude apparente bolométrique de 6.25. Sa parallaxe annuelle est de 0.05".

1. A partir de la parallaxe, calculer la distance de cette étoile. On exprimera le résultat en parsec.
2. Calculer la magnitude bolométrique absolue de cette étoile.
3. En déduire la luminosité de cette étoile que l'on exprimera en luminosité solaire (la magnitude absolue du Soleil est rappelée dans les données), puis en Watt.
4. Lors de la réaction de fusion nucléaire $p^+ + p^+ + p^+ + p^+ \rightarrow 4He$, il y a une perte de masse de 0.007m_p par proton fusionné, qui est convertie en énergie lumineuse. Estimer la durée de vie t_{star} de l'étoile, sachant que seulement f=10% de la masse de l'étoile participe aux réactions nucléaires, au centre de l'astre, et que l'astre est essentiellement composé d'hydrogène.
5. Quelle est la densité moyenne de cette étoile ?
6. On s'intéresse maintenant au vent stellaire de cette étoile. Justifier le fait que le nombre de particules de densité n et de vitesse V qui traverse une sphère de rayon r pendant un temps dt est $dN = n4\pi r^2 V dt$.
7. En déduire l'expression du taux de perte de masse de l'étoile que l'on note $\dot{M}$ et qui est homogène à une masse par unité de temps.
8. La forme différentielle qui permet de calculer la vitesse d'un vent stellaire (pour une expansion thermique adiabatique) est

$$\frac{V^2 - C_s^2}{V}\frac{dV}{dr} = \frac{2C_s^2}{r^2}\left(r - \frac{GM}{2C_s^2}\right)$$

avec la vitesse du son $C_s^2 = \gamma k_B T/m$. On note M la masse de l'étoile, γ le coefficient adiabatique, T la température de sa couronne, m la masse des particules qui constituent le vent. Sachant que la vitesse du vent n'est pas à un extremum au rayon critique $GM/2C_s^2$, que vaut alors cette vitesse ? On utilisera ensuite le fait que la limite asymptotique du vent est égale à 2 fois cette valeur de la vitesse.

9. En déduire le calcul du taux de perte de masse de l'étoile. On prendra une couronne de température 2 10^6 K et un coefficient adiabatique $\gamma = 5/3$.

10. En utilisant le temps de vie de l'étoile calculé à la question 4, en déduire la masse totale perdue par l'étoile. Comparez cette valeur à la masse de l'étoile.

Questions de cours cosmologie :

1. Citez un fait observationnel (avec quelques explications) qui corrobore la théorie du big-bang.

2. La valeur de la constante de Hubble (actuellement) est $H_0 = 75$ km.s^{-1}.Mpc^{-1}. On donne la valeur d'un mégaparsec : 3 10^{22}m. Donner la valeur de H_0 dans le système International d'unité. Calculer H_0^{-1}. Que represente cette valeur ?