

Examen, 20 mai 2003, durée: 1 heure 10 minutes
Calculatrices autorisées, documents *de cours* autorisés
NB. les questions sont pour la plupart indépendantes
- partie Astronomie-Astrophysique -

Quelques quantités utiles:

Unité astronomique: $1 \text{ UA} \sim 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

Vitesse de la lumière: $c \sim 3 \times 10^8 \text{ m sec}^{-1}$

Masse proton \sim masse neutron \sim 2000 fois la masse de l'électron.

D'autres quantités sont éventuellement disponibles dans votre cours.

1- Quelle est la définition du parsec?

2- Que signifie "parallaxe annuelle" d'une étoile, que l'on note π "? En quelle unité est-elle en général mesurée?

3- Donner la relation entre π'' et la distance d d'une étoile. Dans ce cas, quelle est l'unité que l'on utilise pour mesurer d ?

4- Convertir l'année-lumière en mètres. Même chose pour le parsec.

5- Mesure de distance par la méthode des Céphéides. Hubble a observé des étoiles variables de type "Céphéides" dans la galaxie d'Andromède. Grâce à la photométrie, il a pu mesurer le flux reçu de l'une d'entre elles, soit $E = 5.8 \times 10^{-19} \text{ W m}^{-2}$. Des arguments théoriques donnent d'autre part la luminosité de cet astre, soit $L = 3.2 \times 10^{27} \text{ W}$.

En déduire la distance de la galaxie d'Andromède en mètres, en parsecs et en années-lumière.

6- En utilisant des arguments dimensionnels simples, montrer que la pression due à la gravité au centre d'un astre de rayon R et de masse M vaut $P_G \sim GM^2/R^4$.

Pour des astres très denses (naines blanches par exemple, ou étoiles à neutrons), apparaît un nouveau type de pression, d'origine quantique, appelée "pression de Fermi", P_F . Pour les exercices suivants, la chose importante est de savoir que dans le cas *classique* (*i.e.* particules non relativistes, de vitesse $v \ll c$), on a $P_F = K \times \rho^{5/3}/m$, où ρ est la masse volumique moyenne de l'astre, m est la masse des particules responsables de P_F , et K est une constante universelle.

7- Montrer alors qu'une naine blanche (composée essentiellement de protons et d'électrons) arrive toujours à trouver un rayon d'équilibre lors de sa contraction, et ce grâce à la pression de Fermi des électrons. (Pourquoi la pression de Fermi due aux protons n'intervient-elle pas dans ce cas?)

8- Pour une masse critique (dite “de Chandrasekhar”) d'environ 1.4 masse solaire, les électrons et les protons de la naine blanche fusionnent pour former des neutrons. Expliquer pourquoi cela provoque l'effondrement de la naine blanche qui devient alors une étoile à neutrons (phénomène de supernova).

9- En reprenant l'expression de P_F donnée plus haut, expliquer qualitativement (et très simplement) pourquoi une étoile à neutrons est beaucoup plus petite qu'une naine blanche.

10- Sachant qu'une naine blanche a une rayon typique de 6000 km, estimer, en ordre de grandeur, le rayon d'une étoile à neutrons.