

Examen – 8 janvier 2014
Sans documents, calculatrices de type collège autorisées

Partie ordres de grandeur et étoiles

Valeurs numériques utiles:

Masse du Soleil: $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$ kg

Rayon du Soleil: $R_{\odot} = 7 \times 10^8$ m

Température photosphérique du Soleil: $T_{\odot} = 5770$ K

Unité astronomique: 1 UA = 1.5×10^8 km

Masse du proton: $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg

Charge du proton: $|e| = 1.6 \times 10^{-19}$ C

Constante de Coulomb: $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9$ J m C⁻²

Constante de Boltzmann: $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J K⁻¹

1- Donner le diamètre typique de notre Galaxie, et les distance typiques des galaxies les plus proches de la nôtre.

2- Donner (a) l'âge actuellement estimé de l'univers, (b) l'époque à laquelle l'univers est devenu transparent (recombinaison), et (c) l'âge de notre système solaire.

3- Donner les méthodes utilisées pour mesurer la distance Terre-Lune (a) dans l'antiquité, (b) au 18ème siècle (après la construction de lunettes et la généralisation des voyages), et (c) actuellement.

4- Pourquoi a-t-il fallu attendre 1838 pour que Bessel publie la première mesure précise de la distance d'une étoile? (il s'agissait de 61 Cygni, à 3.5 pc). On justifiera la réponse avec une argumentation numérique.

5- Au début du 20ème siècle, on a considéré la fusion des protons en noyaux d'hélium comme une possible explication de la production d'énergie du Soleil. Des mesures ont montré que cette fusion se produit si la distance entre deux protons devient inférieure à $r_{\min}=1$ Fermi (soit 10^{-15} m). L'énergie potentielle électrostatique entre deux protons de distance r et de charges électriques $|e|$ est donnée par la loi de Coulomb:

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r}.$$

La température T d'un gaz de protons est liée à la vitesse quadratique moyenne v des particules par $3kT/2 = m_p v^2/2$, où k est la constante de Boltzmann et m_p la masse du proton.

(a) Estimer alors la température *a priori* nécessaire pour déclencher la fusion des protons.

(b) L'application du théorème du viriel (que l'on ne demande pas d'énoncer ici) prévoit que le centre du Soleil a en fait une température d'environ 10^7 K. Donner les deux raisons qui expliquent pourquoi les réactions nucléaires sont possibles, malgré le désaccord trouvé avec la question (a).

6- On considère le stade primordial du Soleil, au cours duquel il était entouré d'un cocon de poussière opaque et sphérique de rayon $R_c = 300 \text{ UA}$.

On suppose que le rayon R_\odot , la luminosité L_\odot et la température photosphérique T_\odot du Soleil ont des valeurs identiques à leurs valeurs actuelles.

On suppose également que le Soleil et le cocon émettent comme des corps noirs.

On suppose enfin que le cocon est en équilibre thermique: il émet dans l'espace la même quantité d'énergie qu'il reçoit du Soleil.

(a) calculer la température T_c à la surface du cocon en fonction de T_\odot , R_\odot et R_c .

(b) autour de quelle longueur d'onde peut-on détecter le plus facilement un tel cocon?