

**Module M1, Astronomie-Astrophysique**  
**Université Pierre et Marie Curie**  
**année 2008-2009**  
Bruno Sicardy

**NOM:**  
**Prénom:**  
Section:

**Questions de cours, 8 janvier 2009**

Durée de l'épreuve: 15 mn

Documents et calculettes *non* autorisés

**1-** Qu'est-ce qui différencie les fermions et les bosons? Les hadrons et les leptons?

**2-** Donner l'expression de la loi de Wien, et précisant soigneusement les unités utilisées.

**TSVP**

**3-** Donner la définition de l'épaisseur optique.

**4-** Donner trois arguments physiques qui permettent d'expliquer l'origine du rayonnement maser.

**5-** Donner un exemple

- (a) de rayonnement de matière neutre en équilibre thermodynamique,
- (b) de rayonnement de matière ionisée en équilibre thermodynamique,
- (c) de rayonnement de matière neutre hors équilibre thermodynamique,
- (d) de rayonnement de matière ionisée hors équilibre thermodynamique.

**Problème, 8 janvier 2009**

Durée de l'épreuve: 1 heure

Documents *de cours* et calculatrices autorisés

**Quelques valeurs numériques utiles:**

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

Constante de Planck:  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J sec}$

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

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

Luminosité du Soleil:  $L_{\odot} = 4 \times 10^{26} \text{ W}$

Constante de Stefan:  $\sigma_S = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Unité astronomique (UA):  $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$

(d'autres quantités sont disponibles dans votre cours si nécessaire).

---

NB. Plusieurs des questions posées sont indépendantes. On peut donc répondre à certaines questions sans avoir traité les précédentes. Justifier soigneusement le raisonnement physique.

---

**Libre parcours moyen**

**1-** Donner l'expression du libre parcours moyen  $l$  d'une particule en fonction de sa section efficace de collision  $\sigma$ , et de la densité  $n$  des particules avec lesquelles elle interagit.

On expliquera succinctement comment cette expression est obtenue.

**2-** Un nuage interstellaire composé d'hydrogène atomique  $H$  a une densité typique de  $n = 10^6$  atomes  $\text{m}^{-3}$  et une température de  $T = 30 \text{ K}$ . La section efficace de collision entre deux atomes est de  $1 \text{ \AA}^2$  ( $10^{-20} \text{ m}^2$ ).

(a) Estimer le libre parcours moyen d'un atome dans un tel nuage. En quelle unité cette distance s'exprime-t-elle le plus commodément: mètre, kilomètre, unité astronomique, parsec?

(b) Estimer le temps moyen entre deux collisions. En quelle unité ce temps s'exprime-t-il le plus commodément: seconde, jours, mois, année?

**3-** On appelle coefficient d'absorption  $\kappa$  d'un milieu le rapport  $d\tau/ds$ , où  $d\tau$  est l'épaisseur optique élémentaire rencontrée le long d'un trajet élémentaire  $ds$  traversé dans ce milieu.

Montrer que le libre parcours moyen d'un photon dans un tel milieu correspond à une épaisseur optique traversée de  $\tau = 1$ .

#### Température de surface

**4-** Pluton est actuellement à une distance de 31 UA du Soleil. Sa surface a un albedo de  $A = 0.6$ .

Estimer sa température de surface  $T_s$  dans l'hypothèse

(a) d'un rotateur rapide et

(b) d'un rotateur lent.

(c) Pluton tourne sur lui-même en 6.4 jours, mais des processus de sublimation de glace d'azote à sa surface assurent que l'ensemble de sa surface est isotherme. Quelle est donc la valeur correcte de  $T_s$ , celle obtenue en (a) ou (b)?

**5-** Le plus gros satellite de Pluton, Charon, a un albedo de  $A = 0.3$ . Estimer sa température de surface.

#### Fond cosmologique

**6-** L'Univers actuel baigne dans un rayonnement qualifié de "fond cosmologique", avec une température effective de  $T = 2.7$  K.

(a) Estimer la densité moyenne de photons ( $\text{m}^{-3}$ ) dans l'Univers actuel.

(b) La densité moyenne actuelle de matière baryonique dans l'Univers est de l'ordre de 6 protons  $\text{m}^{-3}$ . Qu'est-ce qui domine en nombre l'Univers: les photons ou les baryons?

(c) En utilisant la relation  $E = mc^2$ , estimer la densité d'énergie associée aux baryons dans l'Univers actuel. Qu'est-ce qui domine en énergie l'Univers: les photons ou les baryons?