TD n^{o}1 : la lumière

Exercice 1 :

1. Soit l'équation de Stefan :

$$E_0 = \sigma T^4$$

   où

$$\sigma = \frac{2\,\pi^5\,k^4}{15\,c^2\,h^3} = 5,67 \times 10^{-5} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-4}$$

   est la constante de Stefan. Que représente E_O ?
   Rq : 1 erg=10^{-7} J. C'est une unité fréquemment utilisée en astrophysique.

2. On a trois étoiles de rayon respectif 1 000 km (une naine blanche), 700 000 km (le Soleil) et 5×10^8 km (une géante rouge) et de température de surface 100 000 K (naine blanche), 5 600 K (le Soleil) et 2000 K (géante rouge). Déterminer la puissance émise par unité de surface et la puissance totale, appelée luminosité, pour chaque étoile. On exprimera chaque quantité pour la naine blanche et la géante rouge en fonction de celles du Soleil.

Exercice 2 :*Loi des corps noirs : loi de Wien* Soit la loi de Wien :

$$\lambda_{\max}.T = 2898 \mu K$$

1. Que représente $\lambda_{\max}$?
2. Calculer $\lambda_{\max}$ pour $T = 1\,000$ K (étoile froide type naine rouge), $T = 5\,500$ K (le Soleil), $T = 20\,000$ K (étoile chaude type géante bleue), $T = 3$ K (rayonement du fond cosmologique), et $T = 300$ K (le corps humain).

Exercice 3 :*Notion sur l'atome de Bohr* Dans le modèle de l'atome de Bohr, lors du passage d'un électron d'un niveau n_1 à un niveau n_2, avec $n_2 < n_1$ (c'est-'a-dire que l'électron va sur une trajectoire plus proche du noyau et donc qu'il perd de l'énergie), il y a une émission d'un photon dont la longueur d'onde est reliée à la quantité d'énergie perdue par la formule suivante :

$$\frac{hc}{\lambda} = |\Delta E| = E_{n_1} - E_{n_2}.$$

L'énergie d'un électron se trouvant au niveau n peut s'écrire sous la forme :

$$E_n = -\frac{hcR_0}{n^2},$$

où h est la constante de Planck, c la vitesse de la lumière dans le vide et R_0 la constante de Ridberg de l'atome considéré.

1. Sachant qu'en laboratoire la longueur d'onde correspondant à la première raie H_α de la série de Balmer correspondant au passage d'un électron du niveau 3 au niveau 2 est égale à $\lambda(H_\alpha) = 656,4696$ nm pour l'atome d'hydrogène, calculer la constante de Ridberg pour cet atome.
2. En déduire les longueurs d'onde de la première raie des séries de Lyman (passage du niveau 2 au niveau 1) et de Paschen (passage du niveau 4 au niveau 3). Dans quel domaine de longueur d'onde se trouve chaque raie ? Quelle est la particularité de la raie correspondant à $_\alpha$? On donne $h = 6.6260693 \times 10^{-34}$ J·s et $c = 2.99792452 \times 10^8$ m·s^{-1}.
3. En déduire l'énergie qu'il faut fournir à un atome d'hydrogène avec l'électron au niveau fondamental pour l'ioniser (niveau infini).
4. Calculer la température de surface d'un corps noir pour que λ_{max} soit égale à la longueur d'onde correspondant à l'ionisation de l'atome d'hydrogène (on pourra utiliser les résultats de l'exercice 2).

Rq : ainsi un corps noir (ou une étoile) dont la température de surface est au moins égale à celle trouvée va être très efficace pour ioniser l'hydrogène du milieux environnant. Ce sont ce qu'on appelle des régions HII qui se trouvent autour d'étoiles très chaudes.