

## TD N1 : Ondes et corpuscules

**Exercice 1 :** Pour un corps noir, la densité d'énergie émise par unité de longueur d'onde  $\tilde{\rho}(\lambda, T)$  est donnée par :

$$\tilde{\rho}(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda K_B T} - 1}$$

1. Montrer que le maximum de  $\tilde{\rho}(\lambda, T)$  s'obtient pour une longueur d'onde  $\lambda_{\max} = b/T$ , où  $T$  est la température et  $b$  une constante à préciser. Pour une équation de la forme  $[5(e^{-\alpha/x} - 1) + (\alpha/x) = 0]$ , on donne la solution approchée  $x = \frac{\alpha}{4,9663}$ .
2. Utiliser la relation obtenue dans la question (2) pour estimer la température à la surface d'une étoile, qui émet un rayonnement présentant une longueur d'onde maximale de  $446 \text{ nm}$ .
3. Quelle est la longueur d'onde dominante dans un rayonnement émis par un filament de tungstène porté à une température de  $3300 \text{ K}$ .

**Exercice 2 :**

1. Trouver la longueur d'onde et la fréquence d'un photon de  $1,0 \text{ KeV}$ .
2. Trouver la quantité de mouvement d'un photon de  $12 \text{ MeV}$ .
3. Une station radio opère à la fréquence de  $4 \text{ MHz}$  sous une puissance de  $45 \text{ KW}$ . Déterminer le nombre de photons émis par seconde.

**Exercice 3 :**

Une particule de masse  $m$  se déplace sur une orbite circulaire de rayon  $r$  autour d'un point central vers lequel elle est attirée par une force  $F = \alpha r$  ( $\alpha$  est une constante positive). Utiliser la mécanique classique avec le deuxième postulat de Bohr ( $mvr = n\hbar$ ) pour retrouver les valeurs permises de :

1. le rayon de l'orbite  $r$ .
2. la vitesse de la particule.
3. l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de la particule

Exprimer vos résultats en termes des constantes  $\omega = (\alpha/m)^{1/2}$  et  $X_0 = (\hbar/m\omega)^{1/2}$ . Discuter vos résultats.

**Exercices Supplémentaires :**

**Exercice 4 :**

Lorsque deux faisceaux ultraviolets de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 80 \text{ nm}$  et  $\lambda_2 = 110 \text{ nm}$ , tombent sur une surface métallique, ils produisent des photoélectrons d'énergie cinétique respectivement, de  $E_{c1} = 11.390 \text{ eV}$  et  $E_{c2} = 7.154 \text{ eV}$ .

1. Donner une estimation numérique de la constante de Planck  $h$ .
2. Calculer le travail d'extraction et la fréquence seuil du métal en question.

**Exercice 5 :**

Des photons de haute énergie (rayons  $\gamma$ ) sont diffusés par des électrons qui sont au repos initialement. On suppose que les photons sont rétrodiffusés et que leur énergie (photons incidents) est très grande devant celle d'un électron au repos,  $E \gg m_0 c^2$ .

1. Calculer la variation de la longueur d'onde  $\Delta\lambda$ .
2. Montrer que l'énergie des photons diffusés est la moitié de l'énergie au repos des électrons, sans tenir compte de l'énergie des photons incidents.
3. Calculer l'énergie cinétique de recul des électrons si l'énergie des photons incidents est  $150 \text{ MeV}$ .

**Exercice 6 :**

1. Écrire la relation qui relie l'énergie d'un photon à sa fréquence, ainsi que celle qui relie l'énergie à sa longueur d'onde.
2. Quelle énergie est mise en jeu par un système mettant une radiation lumineuse de 4000 Å(violet), de 7500 Å(rouge). Donner la réponse en joules, en électron-volts, en  $\text{cm}^{-1}$ .
3. Quelle serait l'énergie mise en jeu si le système absorbait une radiation de 4000 Å, une radiation de 7500 Å ?

**Exercice 7 :**

La molécule  $\text{Cl}_2$  peut se dissocier sous l'influence de la lumière. Pour cela il faut un quantum d'énergie de 20000  $\text{cm}^{-1}$ .

1. Quelle est la plus grande longueur d'onde de radiation électromagnétique (en Å) permettant cette dissociation ?
2. Dans quelle domaine du spectre se situe-t-elle : ultraviolet, visible, infra-rouge ?

**Exercice 8 :**

Un photon d'énergie 3 KeV entre en collision élastique avec un électron initialement au repos. Si le photon émerge à un angle de  $60^\circ$ , calculer :

1. L'énergie cinétique de recul de l'électron.
2. L'angle de diffusion de l'électron.

**Exercice 9 :**

Pour expulser des électrons d'une surface de sodium métallique, on utilise une lampe à vapeur de mercure qui émet une raie de lumière très intense 2537 Å.

1. Quelle sera l'énergie d'un électron expulsé sachant que l'énergie de seuil nécessaire pour arracher un électron d'une surface de sodium métallique est de 2.3 eV ?
2. Quelle est la longueur d'onde de l'onde que la théorie de de Broglie associe à cet électron ?

**Exercice 10 :**

Soit un électron obligé de parcourir une trajectoire circulaire.

1. Donner la condition que doit remplir la trajectoire pour que l'onde de de Broglie, associée au mouvement de l'électron, soit stationnaire.
2. On suppose que l'électron parcourt une orbite atomique dans le modèle d'atome de Bohr. Montrer que l'on peut retrouver la condition de quantification de Bohr ( $mvr = n\hbar$ ).
3. L'énergie cinétique de cet électron est de 13.5 eV. Il est sur une orbite définie par un nombre quantique  $n = 1$ . Quel est le rayon de l'orbite et la longueur d'onde de l'onde de Broglie. Donner les résultats en mètres et en angströms.

On donne :

$$\begin{aligned} h &= 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}, \quad m_0 c^2 = 0,511 \text{ MeV}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}, \\ 1 \text{ eV} &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}, \quad K_B = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1} \end{aligned}$$