

---

Série 1 (mécanique quantique SMP4)

**Exercice 1.**

On considère le soleil comme un corps noir dont le maximum d'émission est situé à la longueur d'onde  $\lambda = 0.502\mu m$ .

1-Rappeler l'expression de la densité d'énergie rayonnée par le corps noir à l'équilibre thermodynamique en fonction de la longueur d'onde.

2-Calculer dans le domaine infrarouge l'énergie totale  $u(T)$  rayonnée par le soleil à la température  $T$ .

On pose  $y = \frac{hc}{\lambda k_B T}$

3-Montrer que pour une température  $T$  donnée, la densité d'énergie présente un maximum pour  $y=y_m=4.96$ .

4-En déduire la loi de déplacement de Wien.

5-Calculer la température  $T$  associée au spectre d'émission du soleil.

**Exercice 2 (examen SMC).**

On envoie sur une plaque métallique deux radiations électromagnétiques de longueurs d'ondes respectivement égale à  $\lambda_1 = 2537\text{Å}$  et  $\lambda_2 = 5890\text{Å}$ , on constate que l'énergie maximale des photoélectrons éjectés dans chaque cas a pour valeur :

- Pour  $\lambda_1$ ,  $E_1=3,14$  eV
- Pour  $\lambda_2$ ,  $E_2=0,36$  eV

1-Retrouver la valeur de la constante de Planck  $h$ (en J.s). On donne  $c=3.10^8$ m/s

2-Calculer l'énergie minimale d'extraction  $W_0$  des électrons.

3-En déduire la valeur de la longueur d'onde qui produit l'effet photoélectrique.

**Exercice 3 (examen SMC-SMP):**

Une source lumineuse monochromatique de puissance  $P=330$  Watts de fréquence  $\nu = 10^{16}$ Hz éclaire la cathode d'une cellule photoélectrique dont le potentiel d'extraction est  $V_0=4,125$ Volts.

1-Calculer le nombre de photons émis par la source pendant une seconde.

2-Quel est le seuil en fréquence de la cellule ? Dire si l'effet photoélectrique a lieu. Pourquoi ?

3-Calculer la puissance correspondante au seuil en fréquence. Cette valeur représente-t-elle un seuil en puissance ? Pourquoi ?

4-Calculer l'énergie cinétique et l'impulsion de chacun des électrons expulsés de la cathode.

5-En déduire la longueur d'onde de De Broglie associés à ces électrons. Le traitement physique de l'électron peut-il relever de la mécanique classique ?

6- On mesure la position de l'électron avec une incertitude  $\Delta x = 1 \text{ \AA}$ . Calculer l'incertitude minimale sur la mesure de son impulsion. Conclure.

On donne  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ;  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ .

#### **Exercice 4 :**

Une cellule photoélectrique est éclairée successivement par trois radiations de longueurs d'onde:  $\lambda_1 = 0,55 \text{ \mu m}$  .  $\lambda_2 = 0,66 \text{ \mu m}$  ;  $\lambda_3 = 0,73 \text{ \mu m}$

1. Sachant que le travail de sortie de la cellule est  $W_s = 2 \text{ eV}$ , laquelle des radiations utilisées donnerait un effet photoélectrique? Justifier votre réponse.

2. Calculer le potentiel d'arrêt et en déduire la vitesse maximale des photoélectrons.

3. Louis de Broglie a postulé d'associer une onde à une particule matérielle. Calculer la différence de potentiel accélératrice nécessaire pour que l'onde associée à un électron ait une longueur d'onde de  $1 \text{ \AA}$ .

#### **Exercice 5 : effet Compton**

On se propose d'étudier l'effet Compton. Pour cela, on considère un faisceau lumineux de longueur d'onde  $\lambda$  se propageant dans le vide et se dirigeant vers une cible ne contenant que des électrons libres que l'on supposera au repos. Soit  $m$  la masse de l'électron et  $\lambda'$  la longueur d'onde de la lumière diffusée après les chocs photon-électron.

1-Rappeler les relations de Planck Einstein.

2-Quelle est le contenu physique de ces relations.

3- En relativité restreinte, l'énergie totale  $E$  et l'impulsion  $p$  sont données en fonction de la vitesse  $v$  par :

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

$$p = \frac{mv}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

c étant la célérité de la lumière dans le vide

Établir les relations énergie-impulsion :

$$\frac{p}{E} = \frac{v}{c^2}$$

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

4-Ecrire les équations de la conservation de l'énergie totale et de l'impulsion lors d'un choc photon-électron. Faire un schéma et projeter sur les axes OX (direction du photon-incident) et OY (direction de l'électron diffusé). On notera  $\alpha$  l'angle que fait la direction de photon diffusé avec l'axe OX,  $\theta$  l'angle que fait la direction de l'électron diffusé avec l'axe OY et  $p'_e$  l'impulsion de l'électron après le choc.

5-Calculer de deux manières différentes  $p'_e$  en fonction de  $\lambda$ ,  $\lambda'$  et  $\alpha$ . En déduire la variation relative de la longueur d'onde  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{(\lambda' - \lambda)}{\lambda}$  en fonction du paramètre  $a = \frac{h}{\lambda mc}$  et de  $\alpha$ .

6-Calculer l'énergie du photon diffusé  $E'_\gamma$  en fonction de l'énergie de photon incident  $E_\gamma$  ; de a et de  $\alpha$ .

7-Exprimer l'angle  $\theta$  en fonction de a et  $\alpha$ .