UNIVERSITÉ ALIOUNE DIOP DE BAMBEY
UFR SATIC
DEPT. DE PHYSIQUE

1e SESSION EXAMEN DE MECANIQUE QUANTIQUE 2021-2022

EXAMINATEUR : Professeur Senghane MBODJI & Bertrand Tchanche

DUREE : 2 heures NIVEAU : L2

DOCUMENTS NON AUTORISES ! TELEPHONES ET APPAREILS ELECTRONIQUES ETEINTS !

Exercice 1/ 8pts

Les questions 1 à 6 sont in dépendantes

Question 1 : (2pt)

L'effet Compton et l'effet photoélectrique sont deux expériences qui ont joué des rôles majeurs dans la validation du caractère corpusculaire du rayonnement postulé en 1905 par Einstein.

1. Rappeler l'hypothèse postulé par Einstein en 1905 ;
2. Préciser la grandeur mise en évidence par chaque expérience. Expliquer.

Solution :

1. Einstein postule en 1905 que la lumière admet des propriétés corpusculaire et est donc constituée de corpuscules matérielles de masse nulle, appelées plus tard photon en 1926 par Lewis, caractérisées par une énergie et d'une impulsion (quantité de mouvement). (1pt)

   ν et λ étant la fréquence et la longueur de la lumière.
2. L'effet photoélectrique a mis en évidence l'énergie du photon, $E= h\nu$ et l'effet Compton mit en exergue la quantité de mouvement, $p = h/\lambda$. (1pt)

Question 2 : (1pt)

L'effet Compton se produit-il par perte ou gain d'énergie du photon incident ? Expliquer.

Solution :

La diffusion Compton s'écrit : $\Delta\lambda= \lambda'-\lambda>0$. Or $E=hc/\lambda$ et $E'=hc/\lambda'$, donc $E<E'$. Ce qui correspond à une perte d'énergie du photon incident. (1pt)

Question 3 : (1pt)

Comment évolue le décalage Compton $\Delta\lambda=\lambda'-\lambda$ quand l'angle de diffusion augmente ; λ' est la longueur d'onde du photon diffusé, λ est la longueur d'onde du photon incident? Expliquer.

Solution :

Le décalage Compton de la longueur d'onde augmente quand l'angle de diffusion augmente. (0,5pt).En effet :

$\Delta\lambda=\lambda_c(1-\cos\theta)= \Delta\lambda(\theta)$, $\lambda_c=h/m_0c$. En dérivant par rapport à θ, on obtient : $\Delta\lambda'=\lambda_c\sin\theta>0$ si $\theta\in [0, \pi]$. (0,5pt)

Question 4 : (1pt)

On considère une onde lumineuse de longueur d'onde, λ. Donner l'expression du vecteur d'onde, k.

Solution :

Le vecteur d'Onde k s'écrit : $k=2\pi/\lambda$. (1pt)

Question 5 : (1pt)

On considère une onde lumineuse de longueur d'onde λ constituée de photons de quantité de mouvement, p. Etablir la relation entre p et le vecteur d'onde k.

Solution :

On sait que $k=2\pi/\lambda$ et $p= h/\lambda$, donc $p= p= (h/2\pi)2\pi/\lambda \Rightarrow p=\hbar k$. (1pt)

Question 6 : (2pt)

Soit Ψ (r ;t) la fonction d'onde associée à une particule.

1. Cette fonction d'onde est-elle un champ vectoriel ou un champ scalaire dépendant du temps ?
2. Définir la densité de probabilité de trouver la particule, à l'instant t, dans le volume élémentaire $d\tau=dV=d^3r$;
3. Définir la condition de normalisation de la fonction d'onde ;
4. Quelle est la caractéristique de la fonction d'onde pour que la condition de normalisation soit satisfaite.

Solution :

1. La fonction d'onde est un champ scalaire dépendant du temps car c'est un complexe qui peut dépendre du temps. (0,5pt)
2. $\frac{dP}{d\tau} = \|\Psi\ (r\,;t)\|^2$ (0,5pt)
3. $P = \left\|\int_{espace} \Psi\ (r\,;t)\right\|^2 d\tau=1$ (0,5pt)
4. La fonction d'onde doit être de carrée sommable. (0,5pt)

Exercice 2/ ***12pts***

Le dispositif expérimental simplifié d'étude de l'effet Compton est schématisé sur la **figure 1**. Un faisceau monochromatique de rayon X tombe sur un cristal diffuseur. Les ondes diffusées sont observées à l'aide d'un spectromètre à cristal. Pour la raie de longueur d'onde **λ= 71,2pm** du molybdène, on obtient le spectre de raies indiquée sur la **figure 2**.

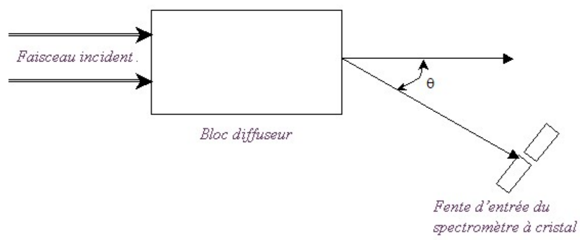

Figure 1.

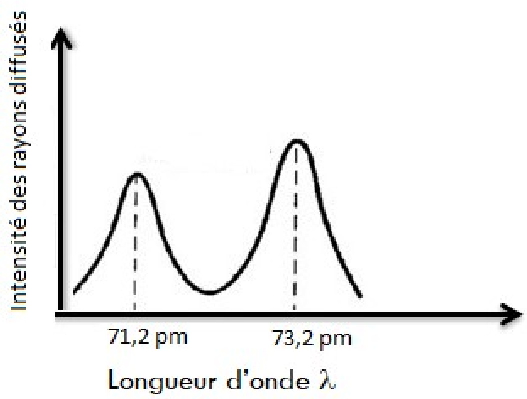

Figure 2.

1. Les photons entrant dans le spectromètre ont-ils la même couleur que les photons incidents ? Justifier.
2. Déduire du graphe les valeurs de la longueur d'onde incidente, λ et de la longueur d'onde diffusée, λ'.
3. Les ondes diffusées contiennent-elles en partie, des photons de même énergie que les photons incidents ? Justifier.
4. Comparer les énergies **E** et **E'** respectivement des photons incidents et diffusés.
5. Quel effet met-on en évidence ? En déduire sa définition.
6. En exploitant les données de la **figure 2**, déterminer la valeur de l'angle θ de diffusion (exprimée en degré).

Donnée : ***Longueur d'Onde de Compton pour l'électron : λ_c=2,43pm.***

Solution :
1. Les photons entrant dans le spectromètre (photons diffusés) ont la même couleur que les photons incidents. Les photons diffusés sont les rayons X incidents. (2pt)
2. λ= 71,2pm ; λ'=73,2pm. (2pt)
3. La réponse est oui car le spectre des ondes diffusés par un cristal comporte deux raies : une raie de longueur d'onde λ correspondant à celle des ondes incidentes et une autre raie de longueur d'onde $\lambda'>\lambda$. (2pt)
4. $E = \frac{hc}{\lambda}$; $E' = \frac{hc}{\lambda'}$. $\lambda'>\lambda \Rightarrow E'<E$. (2pt)
5. Effet mis en évidence : diffusion Compton (1pt)
   Définition : diffusion d'un photon par un électron au repos avec une perte d'énergie du photon incident. (1pt)
6. Valeur de l'angle θ :
   $\Delta\lambda=\lambda_c(1-\cos\theta) \Rightarrow \theta = \cos^{-1}(1 - \frac{\Delta\lambda}{\lambda c})$ (1pt) $\Rightarrow \theta = \cos^{-1}(1 - \frac{73,2-71,2}{2,43}) \Rightarrow \theta = 80°$ (1pt)

Bonne chance !