

Solution de l'examen de Physique atomique

Solution de l'exercice 1 (8pts)

(2pts) 1- L'expérience de Davisson et Germer met en évidence la nature ondulatoire des électrons. En bombardant un cristal de nickel avec un faisceau d'électrons, ils ont observé une figure de diffraction caractéristique des ondes, similaire à celle obtenue avec des rayons X. Ce phénomène prouve que les électrons, habituellement considérés comme des particules, possèdent également un comportement ondulatoire, confirmant ainsi la dualité onde-corpuscule postulée par Louis de Broglie.

(2pts) 2- Un comportement purement corpusculaire implique que les particules se déplacent comme des points matériels sans interférences ni diffraction. Or, la diffraction observée dans cette expérience est un phénomène typiquement ondulatoire, qui ne peut être expliqué si l'électron était uniquement une particule. Le comportement observé montre que les électrons ont une nature double : ils se comportent à la fois comme des particules et comme des ondes, ce qui est le fondement de la mécanique quantique

(4pts) 3- La longueur d'onde de De Broglie :

Énergie cinétique $E = 50 \text{ eV} = 50 \times 1,6 \times 10^{-19} = 8,0 \times 10^{-18} \text{ J}$

La relation entre l'énergie cinétique et la quantité de mouvement p est :

$$E_c = \frac{p^2}{2m_e} \Rightarrow p = \sqrt{2m_e E_c} = 1,208 \times 10^{-23} \text{ kg.m/s} \quad (2\text{pts})$$

La longueur d'onde de De Broglie est : $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h = 6,63 \times 10^{-34}}{1,208 \times 10^{-23}} = 5,49 \times 10^{-11} \text{ m} = 0,0549 \text{ nm} \quad (2\text{pts})$

Cette longueur d'onde est de l'ordre de grandeur des distances interatomiques dans un cristal, ce qui explique pourquoi les électrons peuvent produire des figures de diffraction sur un cristal.

Solution de l'exercice 2: (12pts)

(1pts) 1- Le spectre d'émission de l'hydrogène présente des raies discrètes car les électrons transitent entre des niveaux d'énergie quantifiés. Lors de la désexcitation, ils émettent des photons dont les longueurs d'onde correspondent exactement aux différences d'énergie entre ces niveaux, décrites par la formule de Rydberg.

Les raies spectrales discrètes résultent de la quantification des niveaux énergétiques de l'électron dans l'atome. Seules des transitions entre niveaux autorisés (Δn entier) génèrent des photons d'énergie spécifique, d'où l'absence de continuum.

(1.5pts) 2- L'énergie d'ionisation est l'énergie minimale requise pour arracher l'électron de l'état fondamental. Pour l'hydrogène : L'énergie d'ionisation est la différence entre l'état lié (état fondamental) et l'état libre correspondant à un niveau $n = \infty$ où l'énergie est 0 eV : $E_{\text{ionisation}} = 0 - (-13,6) = 13,6 \text{ eV}$.

(2.5pts) 3- a)- Longueur d'onde maximale correspondant à la transition de l'électron d'un niveau $n > 2$ au niveau 2 :

Pour une transition d'un niveau $n > 2$ à $n = 2$. On a : $E_n - E_2 = E(\text{photon}) = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_n - E_2}$ avec

$n > 2 \quad (1.5\text{pts})$

λ est maximale ; hc constante $\Rightarrow E_n - E_2$ soit minimale d'où $E_n = E_3$, donc $\lambda_{\text{max}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{-1, -(-3,39) - 1,6 \times 10^{-19}}$

(1pts)

$$\lambda_{max} = 656,3 \text{ nm}$$

b)

pour $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$: Transition $n=6 \rightarrow n=2$, on a : $E_n - E_2 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow E_n = \frac{hc}{\lambda} + E_2 = \frac{-E_0}{n^2} \Rightarrow n^2 = \frac{E_0}{-\frac{hc}{\lambda} - E_2}$

$$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{E_0}{-\frac{hc}{\lambda} - E_2}} \quad (0.5\text{pts}) = \sqrt{\frac{13,6 \times 10^{-19}}{\frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{656,3 \times 10^{-3}} + 3,391,6 \times 10^{-19}}} = \sqrt{9,10} = 3, \quad (1\text{pts})$$

donc $n = 3$, transition $n=6 \rightarrow n=2$

Pour $\lambda_2 = 434,1 \text{ nm}$: $n = 5$, donc transition $n=5 \rightarrow n=2$. (1pts)

Pour $\lambda_3 = 486,1 \text{ nm}$: de la même manière on trouve $n = 4$, transition $n=4 \rightarrow n=2$. (1pts)

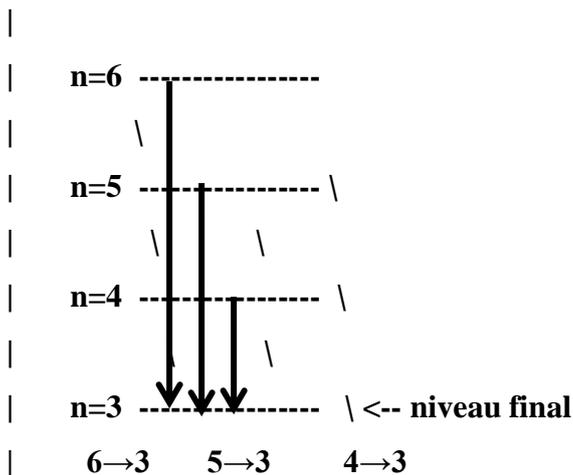
(1.5pts) 4- Photon $\lambda=486,1 \text{ nm}$ absorbé ?

Non. Ce photon correspond à une émission $n=4 \rightarrow n=2$. Pour être absorbé, l'atome devrait passer de $n=2$ à $n=4$, mais cela nécessiterait un photon d'énergie exacte $\Delta E = E_4 - E_2$, incompatible avec $\lambda=486,1 \text{ nm}$ dans ce contexte.

(1pts) 5- a)- Les raies de la série de Paschen correspondent à des transitions électroniques vers le niveau $n_f = 3$. Ces transitions émettent des photons dans le domaine infrarouge du spectre électromagnétique, avec des longueurs d'onde comprises entre environ 820 nm (limite minimale) et 1875 nm (limite maximale).

(1pts) b)- Schéma simplifié des niveaux d'énergie et des transitions :

E (en eV)



Les flèches indiquent les transitions d'électrons de $n_i = 4, 5, 6$ vers $n_f = 3$.

Chaque transition correspond à l'émission d'un photon d'énergie spécifique.