

Corrigé n°1 – 20 février 2025

Exercice 1

Répondez par vrai ou faux aux questions suivantes :

Vrai Faux

1. Suivant comment on l'observe, l'électron apparaît soit plutôt comme une onde, soit plutôt comme une particule.

X

Vrai : Les électrons ont à la fois un caractère ondulatoire et un caractère corpusculaire. L'électron ne ressemble à rien de macroscopique. Suivant comment on l'observe il apparaît soit plutôt comme une onde, soit plutôt comme une particule.

2. Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène variant comme $-13.6 \text{ eV}/n^2$, la différence d'énergie entre le niveau fondamental ($n=1$) et le 1er niveau excité ($n=2$) vaut 10.2 eV.

X

Vrai : Le niveau d'énergie est donné par $E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$; la différence d'énergie entre $n_1=1$ et $n_2=2$ est donné par

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -13.6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = 10.2 \text{ eV}$$

Exercice 2 : Constante de Planck

En vous basant sur l'équation de Planck-Einstein calculez la longueur d'onde maximale de l'onde électromagnétique capable de dissocier la molécule Cl-Cl (l'énergie de cette liaison vaut 240 kJ/mol).

Equation de Planck-Einstein : $E = h \times \nu$ avec $\nu = \frac{c}{\lambda}$

Pour cliver la liaison Cl-Cl d'une seule molécule de Cl_2 il faut diviser l'énergie de liaison (240kJ/mol) par le nombre d'Avogadro, soit :

$$E = \frac{240 \times 10^3}{6.022 \times 10^{23}} \frac{\text{J}}{\text{molécule}} = 3.985 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{molécule}}$$

Pour déterminer la longueur d'onde maximale (fréquence minimale) de l'onde électromagnétique capable de dissocier une molécule de Cl_2 :

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 2.998 \times 10^8}{3.985 \times 10^{-19}} \text{ m} = 4.985 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Exercice 3: Dualité onde - particule

Déterminer la longueur d'onde :

3a. D'un électron se déplaçant à 1/100 de la vitesse de la lumière et

Utilisant l'équation de Broglie la longueur d'onde est donnée par $\lambda = h/mv$.

La masse de l'électron $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. La vitesse de la lumière est $2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

$1J = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

$$\lambda = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{(9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}) \cdot (2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 100)} = 2.426 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

3b. D'une balle de golf d'une masse de 45.9 g se déplaçant à une vitesse de 193 km/h.

La masse de cette balle est $45.9 \text{ g} = 45.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ et sa vitesse (193 km/h) / (3600 s/h)
 $= 53.6 \text{ m/s}$. La longueur d'onde de Broglie est :

$$\lambda = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{(45.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) \cdot (53.6 \text{ m/s})} = 2.7 \cdot 10^{-34} \text{ m}$$

3c. Comparer les résultats en termes d'observations dans des expériences avec des objets macroscopiques.

La longueur d'onde d'une particule macroscopique (ici la balle), qui est beaucoup plus lourde que n'importe quelle particule subatomique, est très petite, en fait indétectable ; il en est de même pour tout objet macroscopique (visible) qui se déplace à une vitesse « normale ». Par contre, la longueur d'onde d'un électron en mouvement rapide est d'un ordre de grandeur similaire au diamètre d'un atome.

Exercice 4: Le principe d'incertitude

4a. Estimez l'incertitude minimum sur la position d'une balle de 140.0 g sachant que sa vitesse est connue à $\pm 4.0 \text{ cm/s}$ près.

Convertissez d'abord la masse et la vitesse en unités SI. La masse m vaut $140 \times 10^{-3} \text{ kg}$, et l'incertitude sur la vitesse Δv vaut $2 \times (4.0 \times 10^2 \text{ m/s})$. Utilisant $\Delta p \Delta x = \frac{\hbar}{2} \approx \frac{\hbar}{2m\Delta v}$, l'incertitude sur la position $\Delta x = \frac{\hbar}{2m\Delta v} = 4.7 \times 10^{-33} \text{ m}$.

4b. Estimez l'incertitude minimum sur la vitesse d'un électron confiné à l'intérieur d'un atome de diamètre 200 pm.

La masse de l'électron $m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Le diamètre de l'atome est $2.00 \times 10^{-10} \text{ m} = \Delta x$. L'incertitude sur la vitesse $\Delta v = \frac{\hbar}{2m\Delta x} = 2.89 \times 10^5 \text{ m/s}$.

4c. Dans quelle mesure le principe d'incertitude affecte-t-il l'aptitude à préciser les propriétés des objets qui sont visibles par l'œil ?

L'incertitude sur la position d'un objet aussi lourd que la bille est très petite. Les mesures sur la position d'un objet macroscopique qui bouge peuvent être faites en toute confiance car les conséquences du principe d'incertitude sont négligeables. Mais l'incertitude sur la vitesse d'un électron, qui est très léger et confiné dans une petite région, est très grande.