

Chapitre 20 – Dualité onde-particule

Corrigés des parcours en autonomie

Préparer l'évaluation — 14 — 21 — 22

14 Quantité de mouvement et effet Compton*Exercice résolu.***21** Diffraction de molécules

a. Le « comportement ondulatoire » d'une particule de matière est mis en évidence par des expériences caractéristiques des ondes : la diffraction ou les interférences.

b. La masse d'une molécule est calculée à partir de sa masse molaire et de la constante d'Avogadro N_A :

$$m = \frac{M(C_{60})}{N_A} = \frac{60 M(C)}{N_A}$$

Des relations $\lambda = \frac{h}{p}$ et $p = mv$, on en déduit la vitesse v des molécules :

$$v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{h}{\lambda} \times \frac{N_A}{M} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 6,02 \times 10^{23}}{60 \times 12 \times 10^{-3} \times 2,5 \times 10^{-12}} = 222 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

22 Principe de complémentarité

a. Deux fentes fines et parallèles sont éclairées par une source de lumière ; les deux fentes jouent le rôle de deux sources cohérentes. Le phénomène d'interférence apparaît dans la zone de recouvrement des deux faisceaux et des franges d'interférence apparaissent sur un écran placé dans cette zone.

b. Dans cette expérience, la source de lumière est particulière puisqu'elle émet des photons un par un à intervalles réguliers. Les photons se comportent comme des particules localisées spatialement lorsqu'ils arrivent sur l'écran. Ils montrent un comportement ondulatoire en formant peu à peu la figure d'interférence. Dans cette expérience d'interférence, on ne peut pas prévoir la position de l'impact d'un photon sur l'écran mais lorsque leur nombre est important, ils respectent une loi de probabilité et forment le motif caractéristique des franges d'interférence ; les franges s'interprètent comme une alternance de zones où le photon a une probabilité de présence minimale ou maximale.

c. Il n'est pas possible de déterminer par quelle fente passe un photon ; toute tentative détruit la figure d'interférence ; la source fournissant des photons un par un, chaque photon semble être passé simultanément par les deux fentes ce qui n'est pas envisageable pour une particule indivisible.

Approfondir — 26 — 28

26 Objectif BAC – Exploiter des documents

1. De la relation $2d \sin\theta = n\lambda$, on déduit :

$$d = \frac{n\lambda}{2 \sin\theta}$$

A.N. : pour $\theta_1 = 13,5^\circ$, $n = 1$,

$$d = \frac{0,10}{2 \sin 13,5} = 0,21 \text{ nm}$$

2. a. Par définition, $p = mv$ et $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{p^2}{m}$ soit :

$$p = \sqrt{2m\mathcal{E}_c}$$

A.N. : $p_1 = \sqrt{2 \times 9,11 \times 10^{-31} \times 151 \times 1,60 \times 10^{-19}}$

$$p_1 = 6,63 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$p_2 = 13,2 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$p_3 = 19,9 \times 10^{-24} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

b. Pour $n = 1$, $\lambda_1 = 2d \sin\theta = 0,10 \text{ nm}$.

$$\text{Pour } n = 2, \lambda_2 = \frac{2d \sin\theta}{2} = \frac{\lambda_1}{2}$$

$$\text{Pour } n = 3, \lambda_3 = \frac{2d \sin\theta}{3} = \frac{\lambda_1}{3}$$

c. D'après la relation de Louis de Broglie, $\lambda = \frac{h}{p}$ soit $\lambda \times p = h$.

$$\lambda_1 \times p_1 = 6,63 \times 10^{-34} \text{ SI}$$

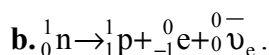
$$\lambda_2 \times p_2 = 6,62 \times 10^{-34} \text{ SI}$$

$$\lambda_3 \times p_3 = 6,63 \times 10^{-34} \text{ SI}$$

Le produit $\lambda \times p$ est quasiment constant et égal à la valeur de la constante de Planck ; il y a accord avec la relation de de Broglie.

28 Diffraction de neutrons

a. Les neutrons libres n'appartiennent pas à un noyau. Ils n'existent pas dans la nature car leur durée de vie est courte.



c. La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd dit fissile, est scindé en deux sous l'impact d'un neutron.

d. Les atomes d'hydrogène de la molécule d'eau lourde sont des isotopes de l'hydrogène ${}_1^2\text{H}$. La formule de cet isotope est ${}_1^2\text{H}$.

Les neutrons sont ralentis par choc. Au cours des collisions avec les molécules d'eau lourde, ils transfèrent une partie de leur énergie cinétique à la cible (molécule d'eau).

e. D'après la relation de Louis de Broglie, $\lambda = \frac{h}{p}$ avec $p = mv$; plus la vitesse est

grande plus la longueur d'onde est petite. Pour avoir une longueur d'onde adaptée à la diffraction, il faut diminuer la valeur de v .

f. La diffraction par les neutrons permet de déterminer les positions des noyaux atomiques dans un cristal.

$$\text{g. } \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2m\mathcal{E}_c}}$$

$$\mathcal{E}_c = 100 \times 10^{-3} \times 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 1,67 \times 10^{-27} \times 100 \times 10^{-3} \times 1,60 \times 10^{-19}}}$$

$$\lambda = 9,07 \times 10^{-11} \text{ m}$$

Ces neutrons sont adaptés à l'étude par diffraction d'un cristal dans lequel l'ordre de grandeur des distances interatomiques est de 10^{-10} m.