

CC1 – devoir maison de mécanique quantique KPCAIQ11

DURÉE CONSEILLÉE: 1H30

Ceil humain et sensibilité

L'œil humain est capable de détecter une énergie aussi faible que $2,35 \times 10^{-18}$ J, d'une lumière caractérisée par une longueur d'onde de 510 nm. Calculer en joules l'énergie du photon associée à cette longueur d'onde. En déduire le nombre minimum de photons que l'œil doit recevoir pour détecter cette lumière.

Ordres de grandeur

- Lorsque la longueur d'onde λ d'une onde sonore est grande par rapport au pas du réseau cristallin où elle se propage, la pulsation ω de cette dernière est une fonction linéaire du module du vecteur d'onde selon $\omega = c_s k$, avec c_s la célérité du son. Dans le cas de l'acier, cette célérité vaut $c_s = 5 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
 - Quelle est l'énergie $\hbar\omega$ d'une onde sonore pour $k = 1 \text{ nm}^{-1}$? La particule analogue du photon pour les ondes sonores est le phonon, d'énergie $\hbar\omega$.
 - Sachant qu'un phonon peut être créé par collision inélastique sur le cristal, utiliseriez-vous des neutrons ou des photons pour étudier les phonons. Justifiez votre réponse.
- Une molécule diatomique, formée de deux atomes de masse M_1 et M_2 , a la forme d'une tige. Les deux noyaux atomiques sont distants de $r_0 = ba_0$ où a_0 est le rayon de Bohr et b un coefficient numérique ~ 1 . On suppose que la molécule tourne autour de son centre d'inertie.
 - Montrer que son moment d'inertie vaut $I = \mu r_0^2$, avec $\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2}$ la masse réduite du système.
 - On suppose que son moment angulaire vaut \hbar . Quelle est alors la vitesse angulaire de rotation de la molécule et quelle est son énergie de rotation ε_{rot} ?

Principe d'indétermination

Un corpuscule, de masse m , oscille entre deux parois distantes de $2a$, avec une vitesse de module constant v .

- L'indétermination sur la position du corpuscule vaut a . Quelle est celle, littérale, sur sa vitesse Δv ? Sur son énergie cinétique $\Delta \varepsilon_k$?
- Faire les applications numériques Δv et $\Delta \varepsilon_k$ pour un électron pour lequel $2a = 10 \text{ \AA}$ ainsi que pour une balle de ping-pong de 1 g pour laquelle $2a = 3 \text{ m}$; dans les deux situations, on considèrera une vitesse $v = c/100$, avec c la célérité de la lumière dans le vide. Conclusion.

Diffraction de Bragg

On envoie un faisceau de rayons X de longueur d'onde $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ sur un cristal d'aluminium de structure *cubique face centrée*. Le paramètre de maille vaut $a = 4,04 \text{ \AA}$. Calculer la valeur de l'angle de diffraction pour laquelle on observe une réflexion de premier ordre correspondant à la plus petite distance réticulaire entre plans parallèles à une face.