

1 | Débuts de la mécanique quantique

POINTS IMPORTANTS DU CHAPITRE

Savoirs :

- relation de PLANCK–EINSTEIN ;
- relation de de BROGLIE ;

Savoir-faire :

- décrire une expérience mettant en évidence la notion de photons ;
- décrire une expérience illustrant la notion d'onde de matière ;
- déterminer la constante de Planck à partir de données expérimentales.

Exercice 1 – Flux de photons [BasDa]

1. Une antenne radio émet sur la fréquence $\nu = 1 \text{ MHz}$ avec une puissance $P = 1 \text{ kW}$. Quel est le nombre de photons émis par cette antenne en une seconde ?
2. La Terre reçoit d'une étoile un flux lumineux $\Phi = 1,6 \times 10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ de longueur d'onde moyenne $\lambda_m = 556 \text{ nm}$. Déterminer un ordre de grandeur du nombre de photons traversant la pupille de l'œil durant une seconde.

Exercice 2 – Effet photoélectrique sur les métaux

À l'aide d'une lampe à vapeur de mercure, on envoie sur une photocathode en potassium une radiation ultraviolette de longueur d'onde $\lambda = 254 \text{ nm}$. On constate alors que l'énergie des photoélectrons éjectés est $3,14 \text{ eV}$. Si l'on envoie une raie visible de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$, l'énergie de ces électrons est de $0,36 \text{ eV}$.

1. Laquelle de ces radiations est la plus énergétique ?
2. Retrouver la valeur de la constante de Planck h . Quelles sont la dimension et l'unité de cette constante ?

3. Calculer l'énergie d'extraction des électrons du potassium.
4. Déterminer l'énergie cinétique des photoélectrons émis lorsque le potassium est éclairé avec de la lumière verte.
5. Calculer la longueur d'onde maximale des radiations pouvant produire un effet photoélectrique sur le potassium.

Exercice 3 – Action typique d'un système [LeBa]

Un système physique peut être caractérisé par différentes grandeurs comme son énergie, sa masse ou encore sa quantité de mouvement. À un tel système, on peut également associer une grandeur appelée « action » qui joue un rôle fondamental dans la mesure où la connaissance de l'action du système et l'application du principe de « moindre actio » permettent de déterminer l'évolution de ce système (équations du mouvement en mécanique, les équations de Maxwell, *etc.*).

Pour un système donné, la comparaison d'une valeur typique de l'action avec la constante de Planck permet de déterminer s'il est pertinent d'étudier ce système dans le cadre de la physique quantique.

1. Rappeler l'unité et la dimension de la constante de Planck.
2. Pour les différents systèmes considérés dans la suite, déterminer une valeur typique de l'action et en déduire si le système doit être étudié dans le cadre de la physique quantique.
 - 2.a. Le mécanisme d'une montre est constitué d'un ensemble d'engrenages de tailles typiques $d \approx 1 \times 10^{-4}$ m et de masses typiques $m \approx 1 \times 10^{-4}$ kg.
 - 2.b. Un circuit électrique traversé par un courant d'intensité $I = 1$ mA est composé d'un condensateur de capacité $C \approx 1 \times 10^{-10}$ F et d'une bobine d'inductance $L \approx 1 \times 10^{-4}$ H.
 - 2.c. Les mesures expérimentales effectuées avant l'élaboration de la mécanique quantique, ont montré que l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est $E = 13,6$ eV et que son spectre est constitué d'une raie de longueur d'onde minimale $\lambda = 100$ nm.
 - 2.d. En-dessous de $T = 2,18$ K, l'hélium 4, de masse volumique $\rho = 1,46 \times 10^2$ kg \cdot m⁻³, devient superfluide, c'est-à-dire que sa viscosité devient nulle lui conférant ainsi la possibilité de pouvoir s'écouler au travers d'un vase.