

APPROCHE MECANIQUE QUANTIQUE

Exercice n°1 Étude d'une cellule photoélectrique au potassium

a) La cathode d'une cellule photoélectrique au potassium est éclairée par deux radiations lumineuses monochromatiques différentes de longueurs d'ondes respectives $\lambda = 490 \text{ nm}$ et $\lambda = 660 \text{ nm}$. La puissance $P = 9,00 \cdot 10^{-7} \text{ W}$ de ces deux sources de rayonnement est la même. Le travail d'extraction d'un électron du potassium est $W_0 = 2,25 \text{ eV}$.

On rappelle la masse de l'électron $9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, la charge élémentaire $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ et la constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. Les deux radiations permettent-elles l'émission d'électrons ?

b) Déterminer l'expression de la vitesse des électrons émis par la cathode et calculer sa valeur numérique. On observe que l'intensité du courant de saturation est $I = 4,00 \cdot 10^{-8} \text{ A}$. Déterminer le rendement quantique de la cellule, c'est-à-dire le rapport du nombre d'électrons émis au nombre de photons reçus. On supposera que tous les électrons émis participent au courant de saturation.

Exercice n°2 LA COULEUR DES CYANINES

Les cyanines, colorants organiques très répandus, présentent une chaîne carbonée linéaire (fig.1). On se propose d'analyser la couleur de ces molécules en utilisant un modèle de boîte quantique. On attribue les propriétés optiques des cyanines dans le domaine de la lumière visible au seul nuage d'électrons π . Les électrons de la liaison π (grossièrement les électrons participant à la seconde liaison d'une liaison double) sont délocalisés sur toute la chaîne carbonée. En première approximation, tous se passe donc comme si ces électrons étaient des électrons libres confinés dans un conducteur à une dimension de longueur L .

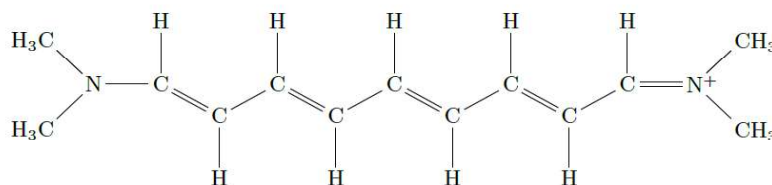


Figure 1 – Une molécule de cyanine

On donne la longueur des différentes liaisons de la molécule en nm dans le tableau ci-dessous

d_{C-C}	$d_{C=C}$	d_{C-N}	$d_{C=N}$
0,154	0,120	0,147	0,116

Données :

- masse de l'électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,
- constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$,
- célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- électron-Volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1. Les électrons π sont délocalisés sur la portion de chaîne carbonée comprise entre les deux atomes d'azote. Calculer la longueur L de cette portion en supposant la molécule rectiligne.

2. Sachant qu'une liaison comprend deux électrons, dénombrer les électrons π délocalisés.

3. Par analogie avec la corde vibrante, exprimer les longueurs d'onde λ_n accessibles aux électrons en fonction de L et d'un entier naturel n .

4. En déduire l'expression de la quantité de mouvement d'un électron en fonction de h , L et n .

5. Déterminer alors l'expression des énergies E_n accessibles aux électrons fonction de m_e , h , L et n .

6. Calculer, en eV, les niveaux d'énergie pour n allant de 1 à 7.

7. Le principe de Pauli montre que le premier niveau libre correspond à $n = 6$. En appliquant le principe de conservation de l'énergie, déterminer la longueur d'onde $\lambda_{5,6}$ du photon pouvant, par absorption, engendrer la transition d'un électron du niveau $n = 5$ au niveau $n = 6$.

A quelle couleur cette longueur d'onde correspond-elle ?

8. A l'aide de l'étoile des couleurs (fig.2), donner la couleur de la cyanine étudiée.

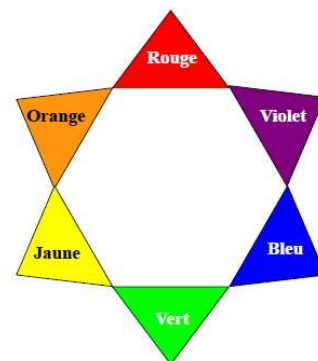


Figure 2- Étoile des couleurs : la couleur absorbée par un corps et la couleur de ce corps sont diamétralement opposées.