

3 EFFET PHOTO-ÉLECTRIQUE

Exercice 3.1

1. Ecrire l'équation bilan de l'échange d'énergie lumière/matière lors de l'effet photoélectrique. Définir les différents termes

$$\frac{hc}{\lambda} = W_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Energie du photon incident = travail d'extraction + énergie cinétique de l'électron

2. La longueur d'onde maximale pour observer l'effet photoélectrique dans le cas du potassium est de 564 nm. Calculer l'énergie nécessaire W_0 pour arracher un électron du métal.

$$\frac{hc}{\lambda_{seuil}} = W_0 = 3,52 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,2 \text{ eV}$$

3. Si la longueur d'onde du rayonnement incident est de 400 nm, déterminer l'énergie cinétique des photoélectrons.

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - W_0 = 1,44 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 0,9 \text{ eV}$$

4. Exprimer la longueur d'onde de De Broglie associée au déplacement des électrons en fonction de leur énergie cinétique, et calculer sa valeur.

$$\lambda_e = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_c}} = 1,29 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 12,9 \text{ \AA}$$

5. Ces électrons sont guidés vers un diaphragme dont le diamètre d'ouverture D est réglé à 13 \AA. Quel phénomène peut-on observer à la sortie du diaphragme ?

$\lambda_e \simeq D$: on observe un phénomène de diffraction.

Exercice 3.2

L'extraction d'un électron sur un métal M constituant une cellule photoélectrique nécessite l'utilisation d'un rayonnement de longueur d'onde $\lambda_S = 287,5 \text{ nm}$. Les électrons émis ont une vitesse de 240 km.s^{-1} lorsqu'on irradie cette cellule par un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde λ . Calculer en kJ.mol^{-1} l'énergie de cette dernière radiation.

$$E = \frac{hc}{\lambda_{seuil}} + \frac{1}{2}mv^2 = 7,17 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 432 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Exercice 3.3

1. Une radiation électromagnétique éclairant une plaque de lithium produit des électrons animés d'une vitesse de $0,1737 \text{ mm/s}$. Quelle est la longueur d'onde (en nm) de la radiation incidente, sachant que l'énergie d'ionisation du lithium est de $5,39 \text{ eV}$?

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{seuil}} + \frac{1}{2}mv^2$$

L'énergie cinétique est ici négligeable devant l'énergie d'ionisation, d'où :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{seuil}}$$
$$\lambda = 231 \text{ nm.}$$

2. Dans quel domaine du spectre électromagnétique se situe cette radiation ?

Domaine des UV

3. Des électrons seraient-ils émis si la radiation incidente était dans le domaine du visible ?
Détaillez votre réponse.

Les longueurs d'onde visibles sont supérieures à 400 nm. D'après la relation de Planck-Einstein ($E = hc/\lambda$), de telles longueurs d'onde sont associées à des énergies inférieures à $4,97 \cdot 10^{-19}$ J. L'énergie d'ionisation étant égale à 5,39 eV soit $8,62 \cdot 10^{-19}$ J, l'énergie d'un rayonnement visible est insuffisante pour arracher un électron du métal et provoquer un effet photoélectrique.

Exercice 3.4

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique monochromatique de longueur d'onde 450 nm irradie une surface métallique de césium, des électrons sont émis avec une énergie cinétique égale à 1.10 eV.

1. Quelle est la vitesse des électrons émis ?

$$v = 6,21 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$$

2. Pour quelle longueur d'onde du rayonnement incident leur vitesse serait-elle nulle ?

$$\lambda = 748 \text{ nm}$$

3. Quelle est l'énergie minimum nécessaire pour extraire un électron d'un cristal de césium en eV et en kcal.mol^{-1} ?

$$E_{seuil} = 1,66 \text{ eV} = 38,24 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

4. Calculer l'énergie cinétique des électrons qui seront éjectés si la surface du césium est exposée à des rayons ultraviolets dont la longueur d'onde est égale à 180 nm (en eV).

$$E_c = 5,24 \text{ eV}$$