

Exercices 2

Exercice 2.1

Une radiation illuminant une surface de sodium provoque l'émission d'un électron à une vitesse de 100 m/s. Quelle est la longueur d'onde du rayon incident?

(l'énergie d'ionisation $E_I = 2.28 \text{ eV}$ et $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

On considère que le rayon incident transmet toute son énergie pour vaincre l'énergie d'ionisation et donner une vitesse à l'électron, donc

$$E_{\text{photon}} = E_{\text{cin}} + E_I$$

En développant $E_{\text{photon}} = h\nu$ et $E_{\text{cin}} = \frac{mv^2}{2}$, puis en remplaçant ν dans l'équation $\lambda = \frac{c}{\nu}$ on trouve:

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

Comme $1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}$, on obtient :

$$\frac{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\frac{9.109 \cdot 10^{-31} \cdot 100^2}{2} + 2.28 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} \text{ m} = 5.44 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 544 \text{ nm}$$

Il s'agit donc d'un rayon lumineux vert.

Exercice 2.2

Une lampe émet chaque seconde une énergie équivalant à 7 J. En 10 s, $9.4 \cdot 10^{19}$ photons sont émis. En supposant que tous ces photons ont la même fréquence, quelle est, en PHz, cette fréquence?

Par la formule $E = h\nu$, on calcule pour un photon :

$$\nu = \frac{E}{h} \cong \frac{7 \cdot 10}{6.626 \cdot 10^{-34}} \cong 1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

La fréquence est donc de 1 PHz.

Exercice 2.3

Quelle est la vitesse (en m/s) d'un neutron dont la longueur d'onde est de $4.43 \cdot 10^{-1} \text{ nm}$? Sachant que la taille des objets détectés par une mesure dépend de la longueur d'onde employée, donner une application possible de longueurs d'onde aussi courtes.

En utilisant la relation de de Broglie :

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

on obtient :

$$v = \frac{h}{\lambda \cdot m_n} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34}}{4.43 \cdot 10^{-10} \cdot 1.675 \cdot 10^{-27}} = 893 \text{ m/s}$$

Des longueurs d'ondes aussi courtes peuvent être utilisées pour détecter la position d'atomes au sein des molécules. L'une de ces techniques est la diffraction de neutrons, qui permet d'obtenir des structures moléculaires précises.

Exercice 2.4

Un photon de longueur d'onde 150 pm éjecte d'un atome un électron dont l'énergie d'ionisation vaut $1.12 \cdot 10^{-15} \text{ J}$. A quelle vitesse sera émis cet électron?

On se sert des même équations que pour l'exercice 2.1 :

$$v = \sqrt{\frac{2(h\nu - EI)}{m_E}} = \sqrt{\frac{2\left(h \cdot \frac{c}{\lambda} - EI\right)}{m_E}} = \sqrt{\frac{2\left(6.626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^{-12}} - 1.12 \cdot 10^{-15}\right)}{9.109 \cdot 10^{-31}}}$$
$$= 2.12 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Exercice 2.5

L'énergie nécessaire pour ioniser un atome donné est de $3.44 \cdot 10^{-18} \text{ J}$. Cet atome absorbe un photon en émettant un électron à $1.03 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

Quelle est la longueur d'onde et le type (UV, visible, infrarouge, gamma, ...) du photon qui a été absorbé?

Encore en utilisant les équations de l'exercice 2.1, on obtient :

$$\lambda = \frac{hc}{\frac{1}{2}m_e v^2 + EI} \cong \frac{6.626 \times 10^{-34} \cdot 2 \times 10^8}{0.5 \cdot 9.109 \times 10^{-31} \cdot (1.03 \times 10^6)^2 + 3.44 \times 10^{-18}} \cong 5.07 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Avec une longueur d'onde de 50.7 nm, il s'agit de rayonnement UV.

Exercice 2.6

Quelle est la variation d'énergie d'un atome de lithium qui émet un photon de longueur d'onde 683 nm? Quelle est la couleur du photon émis?

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cong 2.91 \times 10^{-19} \text{ J}$$

La longueur d'onde de 683 nm correspond à la lumière rouge.

Exercice 2.7

Un électron est enfermé dans un espace dont la taille est de l'ordre de grandeur de l'atome : 100 pm. Quelle est l'incertitude minimale de sa quantité de mouvement?

Selon l'inégalité de Heisenberg : $\Delta p \geq \frac{\hbar}{2\pi\Delta x} = \frac{h}{4\pi \cdot 10^{-10}} \cong 5.28 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$