

Exercice 25 p394

1. D'après la relation de de Broglie : $\lambda = \frac{h}{p}$ avec λ la longueur d'onde de matière de la particule en m, p la quantité de mouvement de la particule et h la constante de Planck.
2. Pour des particules non relativistes : $p = m.v$ et donc $v = \frac{h}{m.\lambda}$

Pour les particules β^- (un électron) :

$$v_{\beta} = \frac{h}{m_e.\lambda_{\beta}}$$
$$v_{\beta} = \frac{6,63.10^{-34}}{9,1.10^{-31}.2,43.10^{-11}}$$
$$v_{\beta} = 3,0.10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

Pour les particules α (7300 plus massive qu'un électron) :

$$v_{\alpha} = \frac{h}{7300 \times m_e \times \lambda_{\alpha}}$$
$$v_{\alpha} = \frac{6,63.10^{-34}}{7300 \times 9,1.10^{-31} \times 1,04.10^{-14}}$$
$$v_{\alpha} = 9,6.10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

3. a. $Ec = \frac{1}{2} m.v^2$

b. L'énergie cinétique des particules β^- est :

$$Ec_{\beta} = \frac{1}{2} m_e.v_{\beta}^2$$
$$Ec_{\beta} = \frac{1}{2} \times 9,1.10^{-31} . (3,0.10^7)^2$$
$$Ec_{\beta} = 4,1.10^{-16} \text{ J}$$

L'énergie cinétique des particules α est :

$$Ec_{\alpha} = \frac{1}{2} \times 7300 \times m_e \times v_{\alpha}^2$$
$$Ec_{\alpha} = \frac{1}{2} \times 7300 \times 9,1.10^{-31} . (9,6.10^6)^2$$
$$Ec_{\alpha} = 3,1.10^{-13} \text{ J}$$

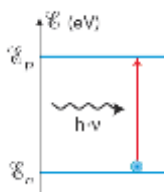
On en conclut que l'énergie cinétique de la particule α est plus grande que celle de la particule β^- .

Exercice 26 p394

1.

a. Le groupe hydroxyle est le groupe O-H.

b. Lors d'une absorption, il y a gain d'énergie pour la molécule (représentée symboliquement par une sphère) :



c. Une transition d'énergie électronique est associée à une radiation UV ou visible.

d. La longueur d'onde associée au photon absorbé :

$$\Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{\Delta E}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{7,02 \times 1,60 \cdot 10^{-19}}$$

$$\lambda = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 177 \text{ nm}$$

Cette longueur d'onde de 177 nm appartient effectivement au domaine des ultraviolets ($\lambda < 400 \text{ nm}$).

2.

a. Pour la liaison O-H, on lit $\sigma = 3\,450 \text{ cm}^{-1}$, ce qui correspond à $\lambda = 2,89 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 2,89 \text{ }\mu\text{m}$.

Pour la liaison C=O, on lit $\sigma = 1\,030 \text{ cm}^{-1}$, ce qui correspond à $\lambda = 9,71 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 9,71 \text{ }\mu\text{m}$.

Ces longueurs d'onde appartiennent au domaine des IR ($\lambda > 800 \text{ nm}$).

b. Lorsqu'un photon infrarouge est absorbé par une molécule, il y a transition entre niveaux d'énergie vibratoire.

c. D'après la relation $\Delta E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ la variation d'énergie est inversement proportionnelle à λ . Elle est donc plus

importante dans le cas de la liaison O-H que dans celui de la liaison C=O.

Exercice 28 p395

1. À la fréquence ν , on associe l'aspect ondulatoire de la lumière. À une valeur précise et quantifiée de l'énergie E , on associe l'aspect particulaire de la lumière.
2. Avec les notations précisées, la phrase peut être traduite par la relation $E = E_1 + E_c$ où E_c désigne l'énergie cinétique de l'électron.
3. Si la fréquence de la lumière incidente augmente, c'est-à-dire la fréquence associée aux photons qui la constituent, augmente, alors l'énergie de chaque photon $E = h \cdot \nu$ augmente.
L'énergie E_1 nécessaire pour arracher un électron d'un atome étant constante (d'après l'énoncé), l'énergie cinétique des électrons arrachés des atomes augmente.

4. Dans le cas du cuivre, $E = E_1(\text{Cu}) + E_c$.

Pour une vitesse de l'électron de valeur nulle, $E_c = 0$ donc $E = E_1(\text{Cu})$, soit :

$$E_1(\text{Cu}) = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_1(\text{Cu})}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{4,70 \times 1,60 \cdot 10^{-19}}$$

$$\lambda = 2,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Un tel résultat confirme qu'un rayonnement ultraviolet (la longueur d'onde dans l'air est $\lambda < 400 \text{ nm}$) permet d'observer l'effet photoélectrique.

5. La théorie ondulatoire prévoit que des rayonnements, en augmentant leur intensité et/ou la durée d'exposition, vont apporter l'énergie nécessaire pour arracher un électron, même si un rayonnement visible est moins énergétique qu'un rayonnement UV. Le résultat expérimental ne le confirme pas.

1. L'énergie d'un photon est proportionnel à sa fréquence selon la relation de Planck-Einstein, autrement dit elle est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde.

Donc, plus la longueur d'onde diminue, plus l'énergie du photon augmente.

Or, les UV sont des rayonnements de longueur d'onde inférieure à celles de la gamme visible de la lumière.

Ce qui explique que, lorsque la longueur d'onde de la lumière tend vers celle des UV, l'énergie du photon augmente.

- 2.a. Le phénomène d'absorption spontanée peut se produire si : $E_{\text{photon}} = E_p - E_m$

Donc :
$$\lambda = \frac{h \times c}{E_p - E_m}$$

- 2.b. La monochromaticité du faisceau laser.

- 2.c. La directivité du faisceau.

3. L'aspect ondulatoire peut être mis en évidence par des interférences ou de la diffraction.

L'aspect particulaire peut être mis en évidence pour la lumière par l'effet photoélectrique, ou pour tout objet quantique par l'enregistrement des impacts ponctuels sur un écran visé par une source envoyant un unique objet quantique.

- 4.a. D'après la question 2.a., cherchons une transition énergétique correspondant à l'énergie du photon.

$$E_{\text{photon}} = \frac{h \times c}{\lambda} \quad \text{A.N : } E_{\text{photon}} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,11 \text{ eV}$$

On constate que $E_{\text{photon}} = E_2 - E_1$, l'énergie du photon correspond donc à une transition permise de l'atome de sodium.

Après l'absorption, l'énergie de l'atome de sodium est de -3,03 eV

4.b. D'après la conservation de la quantité de mouvement, si l'on suppose le système « photon+atome »

isolé : $(\vec{p}_{\text{atome}})_{\text{initiale}} + \vec{p}_{\text{photon}} = (\vec{p}_{\text{atome}})_{\text{finale}}$

Donc : $\Delta\vec{p}_{\text{atome}} = \vec{p}_{\text{photon}}$ soit : $m\Delta\vec{v}_{\text{atome}} = \vec{p}_{\text{photon}}$ or d'après la relation de de Broglie $p_{\text{photon}} = \frac{h}{\lambda}$

soit : $m\Delta v_{\text{atome}} = \frac{h}{\lambda}$ d'où : $\Delta v_{\text{atome}} = \frac{h}{m \times \lambda}$

Exercice 30 p397

1. Le faisceau laser doit être très directif permettant ainsi le traitement d'une zone très précise et concentrer beaucoup d'énergie sur cette zone.
2. Ce laser émet des ondes électromagnétiques dans le domaine des infrarouges, car sa longueur d'onde de 1 060 nm dans l'air est supérieure à 800 nm, ce qui correspond à la limite supérieure du domaine du visible (rouge).
3. L'énergie libérée lors d'une impulsion est faible, elle a pour valeur $E = 1,0 \mu\text{J} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ mais cette énergie est libérée pendant une très courte durée $\Delta t = 500 \text{ fs} = 500 \cdot 10^{-15} \text{ s}$.

$$\text{La puissance d'une impulsion est : } P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 10^{-15}} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ J}$$

La puissance d'une impulsion est donc très importante alors que son énergie est très faible.

4. L'énergie E d'un photon a pour expression $E_{\text{photon}} = h \cdot \nu$
 h est la constante de Planck, ν est la fréquence de l'onde électromagnétique associée au photon.
5. Le nombre de photons émis par impulsion est donc :

$$N = \frac{E}{E_{\text{photon}}} = \frac{E}{h \cdot \nu} = \frac{E \cdot \lambda}{h \cdot c}$$
$$N = \frac{1,0 \cdot 10^{-6} \times 1,060 \cdot 10^{-6}}{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}$$
$$N = 5,33 \cdot 10^{12}$$

Exercice 31 p398

1. Le phénomène de diffraction est associé à l'aspect ondulatoire de la lumière.
2. Il faut utiliser des radiations électromagnétiques visibles ayant la plus petite longueur d'onde possible, soit des radiations violettes de 400 nm de longueur d'onde dans l'air.

3. a) D'après la relation de de Broglie : $\lambda = \frac{h}{p}$ avec λ la longueur d'onde de matière de la particule en m, p la quantité de mouvement de la particule et h la constante de Planck.

b) Lorsque $v \ll c$, la valeur de la quantité de mouvement d'une particule matérielle s'exprime par $p = m \cdot v$.

c) D'après les questions précédente :

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e \cdot v}$$
$$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,0 \cdot 10^7}$$
$$\lambda = 7,3 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ nm}$$

Les radiations visibles ont des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 800 nm dans l'air. Les longueurs d'onde des ondes de matière associées à ces électrons sont bien inférieures à celles de la lumière visible.

4. La taille d'un atome est de l'ordre de 10^{-10} m. Les ordres de grandeur de la taille de l'atome et de la longueur d'onde de l'onde associée aux électrons sont comparables. Il sera donc possible d'observer des atomes avec ce type de microscope comme le montre la photographie.