

C_CH12 – CORRIGE_EXERCICES

Exercice 4 page 428

1. $E = h \cdot \nu$
2. Sachant que la fréquence du photon a diminué, alors son énergie $E = h \cdot \nu$ a diminué aussi.
3. L'énergie est transférée à l'électron.
4. On peut interpréter cette expérience comme une collision entre deux particules.
5. Le comportement particulaire est mis en évidence.

Exercice 9 page 428

$\lambda = h/p$ avec $p = m \cdot v$

1. $\lambda_{\text{électron}} = 6,63 \cdot 10^{-34} / (9,11 \cdot 10^{-31} \times 200) = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
2. $\lambda_{\text{oxygène}} = 6,63 \cdot 10^{-34} / (2,65 \cdot 10^{-26} \times 2) = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
3. $\lambda_{\text{fullerene}} = 6,63 \cdot 10^{-34} / 2,4 \cdot 10^{-22} = 2,8 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

Exercice 12 page 428

Exercice corrigé dans le livre.

Exercice 22 page 428

1. a. L'onde est peu affectée par la rencontre d'objets de dimension très inférieure à sa longueur d'onde.
1. b. Pour observer nettement les détails de la protéine, il faut des longueurs d'onde très inférieures à la dimension de la protéine, soit inférieures au dixième de micromètre. Ainsi, les longueurs d'ondes des radiations visibles utilisés pour le microscope optique (380nm à 780nm) ne conviennent pas.
- 2.a. D'après 1.b : ordre de grandeur de 10^{-7} m ou moins
- 2.b. D'après la relation de De Broglie : $v = h/(m_{\text{électron}} \cdot \lambda)$
AN : $v = 6,63 \cdot 10^{-34} / (9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 1,00 \cdot 10^{-7}) = 7,24 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Exercice 24 page 428

1. La notion d'interférences est caractéristique d'un comportement ondulatoire des particules matérielles (ici les électrons), comme l'avait été prédit par de Broglie trois ans avant cette expérience.

2.a. Le pic est obtenu pour une énergie cinétique : $E_c = 55 \text{ eV} = 8,8 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ $v = (2 \cdot E_c / m)^{1/2}$ avec $E_c = 55 \text{ eV}$ (détermination graphique)

AN : $v = (2 \times 55 \times 1,6 \cdot 10^{-19} / 9,11 \cdot 10^{-31})^{1/2} = 4,4 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

2.b. $\lambda = h/(m \cdot v)$ AN : $\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} / (9,11 \cdot 10^{-31} \times 4,4 \cdot 10^6) = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

3.a. Dans le triangle ABC rectangle en B : $AB = d \times \sin \varphi$

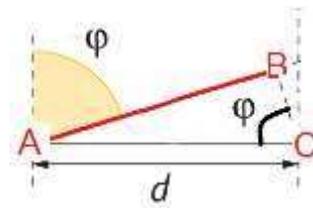
Les interférences sont constructives si la différence de chemin parcouru est un multiple de λ , soit : $AB = k \cdot \lambda$

Ainsi : $\delta = AB = d \times \sin \varphi = k \cdot \lambda$

3.b. La plus petite énergie cinétique implique la plus grande longueur d'onde qui produit des interférences constructives. Sachant que $\lambda = (d \times \sin \varphi) / k$ alors $k = 1$.

3.c. D'après 3.a, la distance interatomique du cristal de nickel est : $d = \lambda \cdot k / \sin \varphi$

AN: $d = 1,7 \cdot 10^{-10} / \sin 50$ soit $d = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m}$



Exercice 9 page 437

1. a. Relation de De Broglie : $p = h/\lambda$.

p est la quantité de mouvement de la particule et concerne le comportement corpusculaire.

λ est la longueur d'onde de l'onde de matière et concerne le comportement ondulatoire. Donc cette relation relie le comportement ondulatoire à une particule.

1. b. unité (h) = unité (E × t) = unité (W × t) = unité (F × I × t) = unité (m × a × I × t) = $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ unité (p) = unité (mv) = $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ donc unité (h/p) = $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} / \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{m}$ (CQFD)

2. $p = h/\lambda$ et $E_c = \frac{1}{2} m v^2$. De plus $p = m v$ donc $p^2 = m^2 \times v^2 = 2 \times m \times E_c$ donc $\lambda = h/p = h/(2mE_c)^{1/2}$

A.N. : $\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} / (2 \times 9,109 \cdot 10^{-31} \times 54 \times 1,60 \cdot 10^{-19})^{1/2}$ soit $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

3.a. $\lambda = h/p = h/mv$ A.N. : $\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} \times (800 \times 130\,000 / 3\,600)$ soit $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-39} \text{ m}$

3.b. On n'observe pas de comportement ondulatoire pour une voiture car la longueur d'onde est extrêmement petite devant les dimensions des obstacles (de l'ordre du mètre) qui sont dans l'environnement de la voiture

Exercice 16 page 414

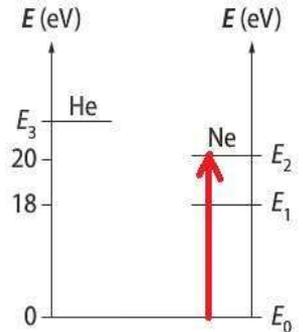
1. Non car il y a des niveaux d'énergie de vibration.
2. a. C'est une transition d'énergie électronique b. Le domaine visible/UV
3. a. C'est une transition d'énergie vibratoire b. Le domaine IR

Exercice 18 page 414

Exercice corrigé dans le livre.

Exercice 20 page 415

1. a. Voir ci-contre :
- 1.b. C'est une transition électronique, car elle est liée à des atomes. Par ailleurs, la valeur de cette transition (20 eV), largement supérieure à l'électronvolt, montre également que c'est une transition électronique.
- 1.c. C'est une absorption quantique d'énergie.
2. a. $E_2 - E_1 = h.c/\lambda$ donc $\lambda = h.c/(E_2 - E_1)$
AN: $\lambda = 6,63.10^{-34} \times 3,00.10^8 / ((20-18) \times 1,60.10^{-19}) = 6,2.10^{-7} \text{ m}$
- 2.b. Cette transition émet le domaine visible.
- 2.c. C'est une transition d'énergie électronique car elle émet dans le domaine visible (6,2.10⁻⁷m compris entre 380nm et 780nm).
- 2.d. Elle correspond à une émission stimulée.



Exercice 21 page 415

La transition a pour énergie : $E = -2,01 + 5,39 = 3,38 \text{ eV} = 5,40.10^{-19} \text{ J}$

Sachant que $E = h.c/\lambda$, alors on en déduit la valeur de λ : $\lambda = 6,63.10^{-34} \times 3,00.10^8 / 5,40.10^{-19} = 368 \text{ nm}$ Le domaine de longueur d'onde étant le domaine UV alors c'est une transition d'énergie électronique.

Exercice 23 page 415

1. Dans leur état fondamental.
2. Une transition de E_0 vers E_3 .
3. Pour éviter l'absorption qui rentrerait en compétition avec l'émission stimulée.
4. Une transition vibratoire.
5. Dans le domaine IR.
6. $E_2 - E_1 = h.c/\lambda$ AN: $E_2 - E_1 = 6,63.10^{-34} \times 3,00.10^8 / 9,6.10^{-6} = 2,1.10^{-20} \text{ J}$

Exercice 26 page 416

1. D'après la relation proposée : unité ($\Delta\nu$) = unité (v_0) × unité ($k.T/m$)^{1/2} / unité (c)

Or : unité ($k.T/m$)^{1/2} = (m².kg.s⁻².K⁻¹×K/kg)^{1/2} = m.s⁻¹

Il vient alors : unité ($\Delta\nu$) = s⁻¹ × m.s⁻¹ / m.s⁻¹ = s⁻¹ Donc $\Delta\nu$ a bien la dimension d'une fréquence.

2. Les atomes s'agitent dans des directions et des sens aléatoires. Les radiations émises par les atomes se déplaçant dans le sens de l'observateur seront perçus avec une fréquence plus élevée que celles produites par des atomes se déplaçant dans un sens opposé. L'agitation des atomes émetteurs implique que chaque radiation sera perçue avec différentes fréquences comprises dans un intervalle $\Delta\nu$. Il s'en suit que la longueur d'onde d'une radiation sera perçue avec différentes valeurs comprises dans un intervalle $\Delta\lambda$ correspondant à la largeur de la raie d'émission (raie produite par effet Doppler).

3. $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$$v_0 = c/\lambda_0 = 3,00.10^8 / 632,8.10^{-9} = 4,74.10^{14} \text{ Hz} \quad T = 130^\circ\text{C} = 403 \text{ K} \quad m = 22,1/6,02.10^{23} = 3,67.10^{-23} \text{ g} = 3,67.10^{-26} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \Delta\nu = 2 \times 4,74.10^{14} \times (1,38.10^{-23} \times 403 / 3,67.10^{-26})^{1/2} / 3,00.10^8 = 1,23.10^9 \text{ Hz} \quad 4. \Delta\nu/v_0 = 1,23.10^9 / 4,74.10^{14} = 2,59.10^{-6}$$

5. Oui car $\Delta\nu$ est très petite devant v_0 .

Exercice 5 page 435/436

- 1.a. Dans un atome dans un état non excité – état stable – les électrons se répartissent sur des niveaux d'énergie bien déterminés. Si on apporte de l'énergie, l'atome passe dans un état excité où les électrons accèdent à des niveaux supérieurs instables.

1.b. Quand un électron revient d'un état d'énergie E_i à un état d'énergie E_f (avec $E_i > E_f$), il restitue la différence d'énergie $\Delta E = E_i - E_f$ sous la forme d'une onde électromagnétique de fréquence ν donnée par : $\Delta E = E_i - E_f = h.\nu$

- 2.a. $\lambda = c/\nu$ AN: $\lambda = 3,00.10^8 / 9\ 192\ 631\ 770 = 3,26.10^{-2} \text{ m}$

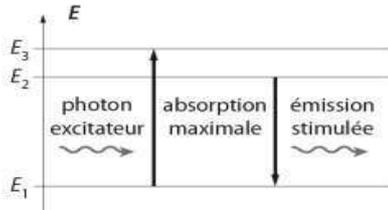
2.b. Il s'agit d'une onde très courte (dite centimétrique) comme celles utilisées dans les radars.

3. Les atomes sont en mouvement sous l'action de l'agitation thermique et celle-ci a toujours lieu.

4. L'énergie interne du gaz obtenu est essentiellement due à l'énergie cinétique des atomes qui prédomine.

Exercice 6 page 436

1. réponse b 2.



3.a. Calculons la longueur d'onde associée à ce transfert : $\lambda = h \cdot c / (E_3 - E_2)$

AN : $\lambda = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8 / (0,55 \times 1,60 \cdot 10^{-19}) = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

=> un photon d'énergie $E_3 - E_2$ ne peut induire le rayonnement laser car la longueur d'onde correspondante ne correspond pas celle du laser à rubis (n'est pas dans le visible).

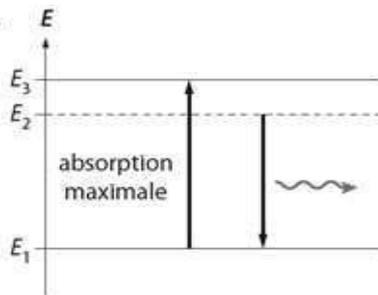
3.b. Il s'agit de la longueur d'onde associée au transfert E_2 vers E_1 :

$\lambda_{\text{laser}} = h \cdot c / (E_2 - E_1)$ AN : $(E_2 - E_1) = (E_3 - E_1) - (E_3 - E_2) = 2,26 - 0,55$ soit $(E_2 - E_1) = 1,71 \text{ eV}$

$\lambda_{\text{laser}} = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8 / (1,71 \times 1,60 \cdot 10^{-19})$ soit $\lambda_{\text{laser}} = 7,27 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

Exercice 7 page 436

A. 1.



2. a. Lorsque qu'un photon d'énergie $E_2 - E_1$ rencontre un ion dans l'état excité E_2 , cet ion peut retrouver l'état d'énergie plus stable E_1 en émettant un photon de même énergie $E_2 - E_1$. Ce mode d'émission est appelé l'émission stimulée.

b. L'émission stimulée produit des photons qui ont même énergie et même direction que ceux incidents.

3. L'émission spontanée.

4. $E_3 - E_1 = \Delta E_{\text{absorption}} = h \cdot c / \lambda_{\text{absorption}}$

A.N. : $E_3 - E_1 = 6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / (980 \times 10^{-9}) = 2,03 \times 10^{-19} \text{ J}$

5. La longueur d'onde du rayonnement laser vaut 2 936 nm donc d'ordre de grandeur 10^{-6} m dans l'émission est dans le domaine des IR.

6. $E_2 - E_1 = \Delta E_{\text{émission}} = h \cdot c / \lambda_{\text{émission}}$

A.N. : $E_2 - E_1 = 6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / (2 980 \times 10^{-9}) = 6,77 \times 10^{-20} \text{ J}$

7. $\Delta E_{\text{émission}} < \Delta E_{\text{absorption}}$ donc toute l'énergie reçue n'est pas émise : il faut donc un système de refroidissement pour ce laser pour évacuer la différence d'énergie.

B. 1. Nombre de photons émis par impulsion :

$N = \Delta E_{\text{imp}} / \Delta E_{\text{photon}}$

A.N. : $N = 0,300 / (6,76 \times 10^{-20}) = 4,44 \times 10^{18}$

2. Puissance lumineuse d'émission d'une impulsion :

$P_{\text{lum}} = \Delta E_{\text{imp}} / \tau$

A.N. : $P_{\text{lum}} = 0,300 / (0,20 \times 10^{-3}) = 1,5 \times 10^3 \text{ W}$

3. $I = P/S$.

$S = \pi \cdot r^2$ donc $I = P / \pi \cdot r^2$.

A.N. : $I = 1,5 \times 10^3 / \pi \times (0,50 \times 10^{-3})^2 = 1,9 \times 10^9 \text{ W} \cdot \text{m}^2$

4. a. f a la dimension inverse d'un temps : $[f] = \text{T}^{-1}$.

Δt a la dimension d'un temps.

Donc $f \cdot \Delta t$ n'a pas de dimension.

Donc ΔE_{ray} a la dimension de ΔE_{imp} donc d'une énergie.

b. $\Delta E_{\text{ray}} = f \cdot \Delta t \cdot \Delta E_{\text{imp}}$

$\Delta E_{\text{ray}} = 10 \times 4,5 \times 0,300 = 14 \text{ J}$

Exercice 8 page 436

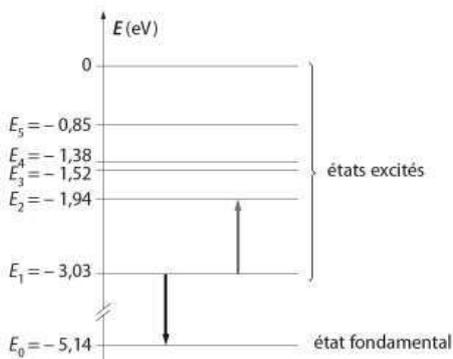
A.1. Domaine du l'UV : 330,3 nm

Domaine du visible : 548,8 nm ; doublet 589,0/589,6 nm ; 615,4 nm

Domaine de l'IR : 819,5 nm ; 1 138,2 nm

A.2. Cette lumière est constituée de plusieurs longueurs d'onde donc c'est une lumière polychromatique.

B.1.



B.2. L'énergie et donc les variations d'énergie sont quantifiées. Ainsi, puisque $\lambda = h \cdot c / \Delta E$, seulement certaines valeurs de λ sont possibles d'où la discontinuité du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium.

B.3.a. $\Delta E = h \cdot c / \lambda$

AN : $\Delta E = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8 / 589,0 \cdot 10^{-9}$ soit : $\Delta E = 3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,11 \text{ eV}$

B.3.b. Il s'agit de la transition E_1 vers E_0 (voir diagramme)

C.1. Sachant que $E_2 - E_1 = 1,09 \text{ eV}$ alors l'atome de sodium à l'état E_1 pourra absorber cette énergie et atteindre le niveau E_2 .

C.2. La raie associée à cette transition est une raie d'absorption (voir diagramme).