✎ FICHE D'EXERCICES

Modèle particulaire de la lumière : le photon

Relation λ = c/ν, énergie du photon E = hν, niveaux d'énergie et spectres — **8 exercices**

CLASSE
1ère Spé

NIVEAU
★ facile · ★★ moyen · ★★★ difficile

NOTIONS
Photon, E = hν, niveaux d'énergie, transitions

Formulaire — à connaître par cœur

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

λ : longueur d'onde (m)
ν : fréquence (Hz)
c = 3,00×10⁸ m·s⁻¹

$$E = h\,\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

E : énergie du photon (J)
h = 6,63×10⁻³⁴ J·s

$$1\ eV = 1{,}60\times10^{-19}\ J$$

Pour une transition :
$\Delta E = E_{sup} - E_{inf} = hc/\lambda$

Exercice 1 — Longueur d'onde et fréquence ★

Application directe de la relation λ = c/ν

On donne c = 3,00×10⁸ m·s⁻¹.

1. Une diode électroluminescente (LED) rouge émet une lumière de longueur d'onde λ = 660 nm. Calculer sa fréquence ν.
2. Un four à micro-ondes fonctionne à la fréquence ν = 2,45 GHz. Calculer la longueur d'onde λ correspondante, en cm.
3. À l'aide du document 1 du cours, indiquer dans quel domaine du spectre électromagnétique se situe chacun de ces deux rayonnements.

Exercice 2 — Énergie d'un photon ★

Application directe de la relation E = hc/λ

On donne h = 6,63×10⁻³⁴ J·s, c = 3,00×10⁸ m·s⁻¹ et 1 eV = 1,60×10⁻¹⁹ J.

Trois sources lumineuses : laser vert (λ_1 = 532 nm), laser infrarouge (λ_2 = 1064 nm), rayons X médicaux (λ_3 = 0,10 nm).

1. Calculer l'énergie, en joule, d'un photon pour chacune des trois sources.
2. Convertir ces trois énergies en électron-volt (eV).
3. Classer ces trois rayonnements par énergie croissante. Commenter la relation entre λ et l'énergie du photon.

Exercice 3 — Le spectre électromagnétique et ses usages

★★

Associer un domaine spectral à une application courante

Rayonnement	Longueur d'onde λ	Domaine spectral	Énergie du photon (eV)
Ondes radio (FM)	3,0 m	?	?
Four à micro-ondes	12,2 cm	?	?
Télécommande IR	950 nm	?	?
Lumière visible (jaune)	589 nm	?	?
Lampe de bronzage	310 nm	?	?
Radiographie médicale	0,05 nm	?	?

1. Recopier et compléter le tableau (domaine spectral, énergie du photon en eV).
2. Sans calcul, expliquer pourquoi les rayons X sont plus dangereux pour l'organisme que les ondes radio.

> **Coup de pouce :** reprendre l'échelle du spectre électromagnétique (Document 1 du cours) pour identifier chaque domaine.

Exercice 4 — Une diode laser

★★

Photon, puissance et nombre de photons émis (type Bac)

Un lecteur de codes-barres utilise une diode laser Hélium-Néon qui émet une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda = 632{,}8$ nm, avec une puissance $P = 1{,}0$ mW.

1. Calculer la fréquence ν de cette radiation.
2. Calculer l'énergie E d'un photon émis, en joule puis en électron-volt.
3. La puissance P correspond à l'énergie totale émise par seconde. En déduire le nombre N de photons émis chaque seconde par ce laser (on rappelle que $P = N \times E / \Delta t$, avec $\Delta t = 1$ s).
4. Commenter l'ordre de grandeur du résultat obtenu.

Exercice 5 — Le spectre de l'atome d'hydrogène ★★

Modèle de Bohr, séries de Lyman et de Balmer

Dans le modèle de Bohr, les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -13{,}6 / n^2 \quad \text{(en eV), avec } n \text{ entier} \geq 1$$

1. Calculer les niveaux d'énergie E_1, E_2, E_3 et E_4 de l'atome d'hydrogène.
2. Calculer l'énergie ΔE (en eV puis en J) libérée lors de la transition du niveau n = 3 vers le niveau n = 2.
3. En déduire la longueur d'onde λ du photon émis lors de cette transition. Ce rayonnement est-il visible ?
4. Reprendre les questions 2 et 3 pour la transition du niveau n = 2 vers le niveau n = 1. Ce rayonnement appartient-il au même domaine que le précédent ?

> **Coup de pouce :** la transition n=3→2 appartient à la série de Balmer (visible), la transition n=2→1 à la série de Lyman (UV).

Exercice 6 — Le doublet jaune du sodium ★★★

Analyse fine d'un spectre de raies

Les lampes à vapeur de sodium, utilisées pour l'éclairage public, émettent une lumière jaune caractéristique constituée de deux raies très proches (le « doublet du sodium ») : $\lambda_{D1} = 589{,}6$ nm et $\lambda_{D2} = 589{,}0$ nm.

Ces deux raies correspondent à des transitions depuis deux sous-niveaux d'énergie très proches, notés $E_{3p}(1) = -3{,}0342$ eV et $E_{3p}(2) = -3{,}0378$ eV, vers un même niveau fondamental $E_{3s} = -5{,}1391$ eV.

1. Calculer les énergies $\Delta E_1 = E_{3p}(1) - E_{3s}$ et $\Delta E_2 = E_{3p}(2) - E_{3s}$, en eV.
2. En déduire les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 des photons émis lors de chacune des deux transitions. Comparer aux valeurs données dans l'énoncé.
3. Représenter les deux transitions sur un diagramme de niveaux d'énergie (axe vertical gradué en eV).
4. Expliquer pourquoi un spectroscope de faible résolution ne permettrait pas de distinguer ces deux raies.

Exercice 7 — Diagramme de niveaux d'énergie du néon

★★★

Exercice de synthèse — méthode complète du TP

Une enseigne lumineuse utilise un tube à décharge rempli de néon. Voici quelques niveaux d'énergie de l'atome de néon, par ordre croissant :

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
−21,56 eV	−18,70 eV	−16,85 eV	−16,62 eV	−16,53 eV

1. Rappeler la relation liant l'énergie ΔE d'un photon émis à la longueur d'onde λ correspondante.
2. Calculer, en eV puis en J, l'énergie des photons émis lors des transitions suivantes : $E_5 \to E_3$, $E_5 \to E_2$ et $E_4 \to E_1$.
3. Calculer la longueur d'onde λ associée à chacune de ces trois transitions.
4. Pour chaque transition, indiquer si la radiation émise appartient au domaine visible, et si oui, préciser sa couleur approximative à l'aide de l'échelle des longueurs d'onde du visible (400–800 nm).
5. Tracer le diagramme de niveaux d'énergie du néon (axe vertical gradué en eV, de 0 à −22 eV) et représenter les trois transitions étudiées par des flèches orientées.

Exercice 8 — Vrai ou faux ?

★

Bilan de fin de chapitre

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse, et justifier brièvement.

1. Dans le modèle ondulatoire, la lumière échange de l'énergie avec la matière de façon continue.
2. Un photon de grande longueur d'onde transporte plus d'énergie qu'un photon de petite longueur d'onde.
3. La constante de Planck h a pour unité le $J \cdot s^{-1}$.
4. Un atome ne peut émettre un photon que lors du passage d'un niveau d'énergie supérieur vers un niveau inférieur.
5. Les niveaux d'énergie d'un atome peuvent prendre n'importe quelle valeur.
6. La « catastrophe ultraviolette » a été résolue grâce au modèle particulaire de la lumière proposé par Max Planck.