Le photon : effet photoélectrique et cellule photovoltaïque

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Ondes et signaux · Décrire la lumière par un flux de photons)

La démarche pour un exercice sur le photon

1. Je convertis : λ en m (nm $\to 10^{-9}$ m), ν en Hz, puissances en W, énergies toutes en J ou toutes en eV ($1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J).

2. Je calcule l'énergie d'un photon : $E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$, avec $hc = 1{,}989 \times 10^{-25}$ J·m et la longueur d'onde **dans le vide**.

3. Je compare E au seuil de la situation : travail d'extraction W, écart entre niveaux, énergie d'ionisation ou gap E_g.

4. Je fais le bilan : $E_{c,\max} = h\nu - W$; $N = \dfrac{P}{E}$; $I = N_e\, e$; $\eta = \dfrac{P_{\text{élec}}}{G\,S}$.

5. Je contrôle : photon visible entre 1,6 et 3,1 eV, rendement inférieur à 1, intensité sans effet sur l'énergie d'un photon.

Le réflexe — la fréquence fixe l'énergie de chaque photon, la puissance fixe leur nombre ; un électron n'absorbe qu'un seul photon.

Cas 1 · Énergie d'un photon, nombre de photons

Réflexe — $E = \dfrac{hc}{\lambda}$ en J puis en eV ; $N = \dfrac{P}{E}$.

Exemple. Photon d'un laser de 1 064 nm.

$E = \dfrac{1{,}989 \times 10^{-25}}{1\,064 \times 10^{-9}} = 1{,}87 \times 10^{-19}$ J, soit **1,17 eV** (infrarouge).

Attention — λ en mètres : sinon un résultat vers 10^{-28} J.

Cas 2 · Expliquer une observation

Réflexe — Seuil, émission immédiate, Ec indépendante de l'intensité → photons.

Exemple. Une lumière rouge de 100 W éclaire une plaque de cuivre : aucun électron.

Chaque photon rouge apporte moins que W ; un électron n'absorbe qu'un photon : plus de puissance = plus de photons, **toujours aucun électron**.

Attention — durée et intensité ne compensent pas un photon trop faible.

Cas 3 · Seuil d'un métal

Réflexe — $\lambda_s = \dfrac{hc}{W}$; émission si $\lambda \le \lambda_s$.

Exemple. Métal de travail d'extraction 2,50 eV.

$\lambda_s = \dfrac{1{,}989 \times 10^{-25}}{2{,}50 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} \approx$ **497 nm** : bleu et violet efficaces, rouge non.

Attention — condition inversée en longueur d'onde.

Cas 4 · Énergie cinétique des électrons

Réflexe — $E_{c,\max} = h\nu - W$, même unité ; $v = \sqrt{2E_c/m_e}$.

Exemple. Photons de 4,00 eV sur un métal de 2,50 eV.

$E_{c,\max} = 4{,}00 - 2{,}50 = 1{,}50 \text{ eV} = \mathbf{2{,}40 \times 10^{-19}\ J}$.

Attention — jamais de joules moins des électronvolts.

Cas 5 · Absorption, émission, gap

Réflexe — Atome : écart exact ; semi-conducteur : $h\nu \geq E_g$; DEL : $\lambda \approx \dfrac{hc}{E_g}$.

Exemple. DEL dont le gap vaut 2,10 eV.

$\lambda \approx \dfrac{1{,}989 \times 10^{-25}}{2{,}10 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} \approx \mathbf{592\ nm}$: jaune-orangé.

Attention — pas d'absorption « partielle » par un atome.

Cas 6 · Rendement d'une cellule photovoltaïque

Réflexe — $\eta = \dfrac{U \times I}{G \times S}$.

Exemple. Panneau de 1,80 m² sous 700 W·m⁻², fournissant 250 W.

$P_{\text{lum}} = 700 \times 1{,}80 = 1\,260$ W ; $\eta = \dfrac{250}{1\,260} \approx \mathbf{19{,}8\ \%}$.

Attention — G est par m² : multiplier par S.

Les pièges

- Laisser λ en nanomètres dans E = hc/λ.
- Soustraire des joules et des électronvolts dans Ec,max = hν − W.
- Croire qu'une lumière plus intense a des photons plus énergétiques : elle en a plus.
- Comparer un seuil à la longueur d'onde dans un milieu : c'est la longueur d'onde dans le vide (ou l'énergie) qui compte.
- Inverser la condition de seuil : émission si λ ≤ λs, pas si λ ≥ λs.
- Oublier de multiplier l'éclairement par la surface, ou inverser le rapport du rendement.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).