Lumière : images, couleurs et photons

Fiche méthode

(Physique-chimie 1re spécialité · Ondes et signaux · La lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire)

La démarche pour un calcul d'optique ou de photon

1. Je fais un schéma : axe orienté dans le sens de la lumière, O, F et F′ ; ou diagramme des niveaux d'énergie avec la flèche de la transition.

2. J'écris les données avec leur signe et dans la bonne unité : $\overline{OA} < 0$ pour un objet réel ; m pour une vergence ; nm $\to 10^{-9}$ m, GHz $\to 10^{9}$ Hz, eV $\to \times 1{,}60 \times 10^{-19}$ J.

3. J'applique la relation fournie : conjugaison, grandissement, $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$, $E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$, $|\Delta E| = h\nu$.

4. J'interprète les signes : réelle ou virtuelle, droite ou renversée ; absorption (vers le haut) ou émission (vers le bas).

5. Je conclus avec l'unité et un contrôle d'ordre de grandeur (photon visible : 1,6 à 3,1 eV).

Le réflexe — une erreur de signe sur $\overline{OA}$ ou une longueur d'onde laissée en nanomètres fausse tout le reste du calcul.

Cas 1 · Position, taille et nature d'une image

Réflexe — $\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'} + \dfrac{1}{\overline{OA}}$, puis $\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.

Exemple. $f' = 4{,}0$ cm ; objet réel à 6,0 cm de la lentille. Caractériser l'image.

$\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{4{,}0} - \dfrac{1}{6{,}0} = \dfrac{3-2}{12} = \dfrac{1}{12}$, donc $\overline{OA'} = 12$ cm : **réelle**. $\gamma = \dfrac{12}{-6{,}0} = -2{,}0$: **renversée**, deux fois plus grande.

Attention — $\overline{OA}$ est négative ; on inverse à la fin.

Cas 2 · Trouver f′ à partir d'une mesure

Réflexe — $\dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{\overline{OA'}} - \dfrac{1}{\overline{OA}}$; image nette : $\overline{OA'}$ = distance lentille–écran.

Exemple. Objet à 14,0 cm avant la lentille, image nette sur l'écran 35,0 cm après. Distance focale ?

$\dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{35{,}0} + \dfrac{1}{14{,}0} = \dfrac{2+5}{70} = \dfrac{1}{10}$: $f' = 10{,}0$ cm, soit une vergence de 10 δ.

Attention — graphique $\dfrac{1}{\overline{OA'}}$ en fonction de $\dfrac{1}{\overline{OA}}$: $\dfrac{1}{f'}$ est l'ordonnée à l'origine.

Cas 3 · Choisir la synthèse et prévoir une couleur

Réflexe — lumières → additive (R, V, B) ; filtres, encres → soustractive (C, M, J).

Exemple. Deux projecteurs, vert et bleu, éclairent un écran blanc ; puis une encre jaune recouvre une encre magenta.

Lumières : synthèse additive, vert + bleu = **cyan**. Encres : synthèse soustractive, le jaune absorbe le bleu, le magenta le vert : reste le **rouge**.

Attention — le jaune est primaire en soustractive seulement.

Cas 4 · Couleur d'un objet sous un éclairage coloré

Réflexe — radiations de l'éclairage ∩ radiations diffusées par l'objet.

Exemple. Un ballon cyan est éclairé en lumière verte, puis en lumière rouge.

Cyan = vert + bleu ; en lumière verte, le ballon renvoie le vert : il paraît **vert**. En lumière rouge, il absorbe tout : il paraît **noir**.

Attention — un objet ne renvoie jamais une couleur absente de l'éclairage.

Cas 5 · Énergie d'un photon

Réflexe — λ en m ; $\nu = \dfrac{c}{\lambda}$; $E = h\nu$; $\div\, 1{,}60 \times 10^{-19}$ pour l'eV.

Exemple. Radiation de longueur d'onde 250 nm : énergie d'un photon ?

$\nu = \dfrac{3{,}00 \times 10^{8}}{2{,}50 \times 10^{-7}} = 1{,}20 \times 10^{15}$ Hz ; $E = 6{,}63 \times 10^{-34} \times 1{,}20 \times 10^{15} = 7{,}956 \times 10^{-19}$ J, soit **4,97 eV** : un ultraviolet.

Attention — plus λ est grande, plus E est petite.

Cas 6 · Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie

Réflexe — ΔE en eV $\to$ J $\to \lambda = \dfrac{hc}{\Delta E}$.

Exemple. Calcium : fondamental à $-6{,}11$ eV, niveau excité à $-3{,}18$ eV. Longueur d'onde de la raie ?

$\Delta E = -3{,}18 - (-6{,}11) = 2{,}93$ eV $= 4{,}688 \times 10^{-19}$ J ; $\lambda = \dfrac{1{,}989 \times 10^{-25}}{4{,}688 \times 10^{-19}} \approx 4{,}24 \times 10^{-7}$ m, soit **424 nm** : violet.

Attention — un gaz froid n'absorbe qu'à partir du fondamental.

Les pièges

- Oublier le signe de $\overline{OA}$, ou oublier d'inverser $\dfrac{1}{\overline{OA'}}$.
- Croire qu'une image virtuelle se recueille sur un écran.
- Confondre synthèse additive et soustractive, ou dire qu'un objet « émet » sa couleur.
- Laisser λ en nanomètres ou une distance en centimètres dans une vergence.
- Croire qu'un gaz froid absorbe toutes les raies qu'il émet.

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).