O1 | Optique

Modèle de l'optique géométrique

Prérequis

- Notion de rayon lumineux : Collège
  - se déplace en ligne droite ;
  - ne dépend pas du sens ;
  - tracé de rayons lumineux
- Vitesse de la lumière $c = 3{,}00 \times 10^8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$ Collège
- Structure d'un atome et modèle de Bohr de l'atome Collège
- Spectre, onde, fréquence f ou ν et longueur d'onde λ Lycée
- Relations de *Snell-Descartes* : Lycée - 2nd
  - réflexion ;
  - réfraction $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$;
  - tracé de rayon lumineux par changement de milieu
- Trigonométrie FO4

I La lumière et ses sources

I.A Spectre des sources

À connaitre

Trois types de sources et leurs spectres d'émission : laser, lampes spectrales et lumières "blanches"

I.B Modèle de la source monochromatique

À connaitre

- relation entre l'énergie d'un quanta et la fréquence ;
- définition de monochromatique

Savoir-faire

Déterminer l'énergie d'un photon à partir de sa fréquence ou sa fréquence à partir de son énergie

Application 1 : énergie d'un quanta

Énoncé

1 Quelle est l'unité dans le système internationale de la constante de Planck ?
2 Quelle est l'énergie d'un photon émis par la raie jaune du sodium ?
Donnée : $\lambda_{\text{jaune}} = 589\,\mathrm{nm}$, constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\,\mathrm{J\,s}$, vitesse de la lumière

$c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$

Solution

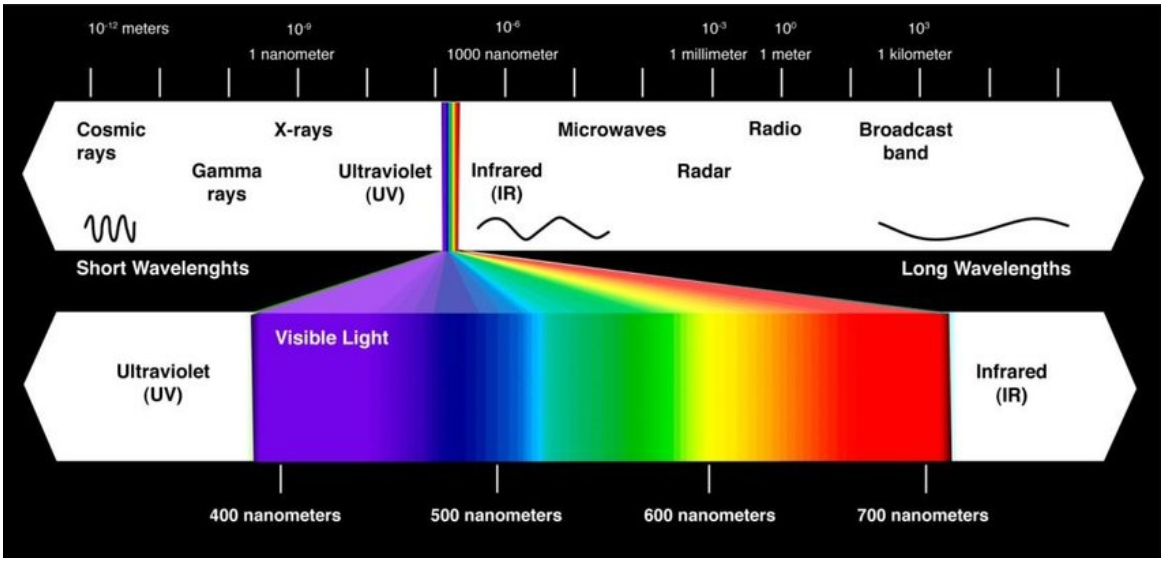
1

$$[h] = \frac{[E]}{[\nu]} = \mathrm{J\,s}$$
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$
$$[E_c] = \mathrm{J} = \mathrm{kgm^2\,s^{-2}}$$
$$[h] = \mathrm{kgm^2/s}$$

2 $\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

A.N. $\Delta E = \frac{6{,}63\times10^{-34}\times3{,}00\times10^8}{589\times10^{-9}} = 3{,}38 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

I.C Modèle ondulatoire de la lumière



À connaitre

- vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$;
- relation entre la vitesse, la fréquence et la longueur d'onde dans le vide et dans un milieu ;
- définition de l'indice optique n ;
- la fréquence **ne dépend pas** du milieu, mais la longueur d'onde dépend du milieu ;

Savoir-faire

Retrouver la relation entre la longueur d'onde dans un milieu et dans le vide

Application 2 : fréquence optique

Énoncé Déterminer quel est l'ordre de grandeur de la fréquence des ondes lumineuses.

Solution La fréquence ν d'une onde lumineuse est donnée par la relation :

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

où $c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ est la vitesse de la lumière dans le vide et λ la longueur d'onde dans le vide.
Pour la lumière visible, λ varie de 400 nm à 800 nm.
Calcul pour $\lambda = 600\ \mathrm{nm} = 6{,}00 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$:

$$\nu = \frac{3,00 \times 10^8}{6,00 \times 10^{-7}} = 5,00 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

Conclusion : L'ordre de grandeur de la fréquence des ondes lumineuses est de 10^{14} à 10^{15} Hz.

II Modèle de l'optique géométrique

II.A Notion de rayon lumineux

À connaitre

Un rayon lumineux se propage ne ligne droite

Savoir-faire

Tracer des rayons lumineux (règle !)

II.B Modèle de l'optique géométrique

À connaitre

Modèle de l'optique géométrique et ses limites

III Réflexion et réfraction de la lumière sur un dioptre

III.A Réflexion de la lumière sur un dioptre

À connaitre

Loi de *Snell-Descartes* pour la réflexion. ⚠ il y a deux propriétés.

Savoir-faire

Tracer le rayon réfléchi

III.B Réfraction de la lumière sur un dioptre

À connaitre

Loi de *Snell-Descartes* pour la réfraction. ⚠ il y a deux propriétés.

Savoir-faire

- tracer le rayon réfracté à partir d'un rayon incident donné ;
- déterminer l'angle de réfraction pour un angle incident donné.

Application 3 : valeur relative de l'angle de réfraction

1 - Montrer que si l'on passe dans un milieu plus réfringent $n_2 > n_1$ alors l'angle réfracté r est plus petit que l'angle incident i ($r < i$) ;
2 - Montrer que si l'on passe dans un milieu moins réfringent $n_2 < n_1$ alors l'angle réfracté r est plus grand que l'angle incident i ($r > i$).

III.C Réflexion totale

À connaitre

Définition de l'angle limite de réfraction. Définition de la réflexion totale.

Savoir-faire

Déterminer l'angle de réflexion totale.

Application 4 : valeur de l'angle limite de réfraction

Soit un rayon lumineux traversant un dioptre. Il passe d'un milieu d'indice optique n_i, à un milieu d'indice optique n_r.
1 Quelle condition est nécessaire sur n_i et n_r pour que le phénomène de réflexion totale soit observable ?
2 Déterminer l'angle limite de réfraction i^*. En déduire la gamme d'angle pour laquelle il y réflexio totale.

Solution
1 Pour observer la réflexion totale, il faut que le rayon passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent, c'est-à-dire $n_i > n_r$.
2 La loi de Snell-Descartes pour la réfraction s'écrit :

$$n_i \sin(i) = n_r \sin(r)$$

La réflexion totale se produit lorsque le rayon réfracté ne peut plus sortir, c'est-à-dire lorsque $\sin r = 1$ (angle de réfraction maximal $r = \pi/2$).
L'angle limite i^* est donc donné par :

$$n_i \sin(i^*) = n_r \sin(\pi/2) = n_r$$

$$\sin(i^*) = \frac{n_r}{n_i}$$

$$i^* = \arcsin\left(\frac{n_r}{n_i}\right)$$

La réflexion totale a lieu pour tous les angles d'incidence $i > i^*$.