

Correction DS N°1 de physique-chimie

I. Formation d'un arc-en-ciel (d'après sujet PT 2024)

1) On lit sur la figure

$$i_2 - D_1 = i_1 \quad -(-i_2) + i_3 - D_2 = \pi \quad D_3 + (-i_3) = i_4$$

d'où on déduit

$$\boxed{D_1 = i_2 - i_1 \quad D_2 = i_2 + i_3 - \pi \quad D_3 = i_3 + i_4.}$$

2) D'après la loi de la réfraction,

$$1 \times \sin i_1 = n \sin i_2 \quad \text{donc} \quad \boxed{i_2 = \arcsin \frac{\sin i_1}{n}.}$$

D'après la loi de la réflexion,

$$\boxed{i_3 = i_2 = \arcsin \frac{\sin i_1}{n}.}$$

Enfin, d'après la loi de la réfraction,

$$\sin i_4 = n \sin(-i_3) = -n \sin i_2 = -\sin i_1 \quad \text{donc} \quad \boxed{i_4 = -i_1.}$$

3) La déviation totale s'écrit

$$\begin{aligned} D &= D_1 + D_2 + D_3 \\ &= (i_2 - i_1) + (i_2 + i_3 - \pi) + (i_4 + i_3) \\ &= -i_1 + 2i_2 + 2i_3 + i_4 - \pi \end{aligned}$$

$$\boxed{D = 4 \arcsin \frac{\sin i_1}{n} - 2i_1 - \pi.}$$

4) Posons $x = \sin i_1$, soit

$$D(x) = 4 \arcsin \frac{x}{n} - 2 \arcsin x - \pi \quad \text{d'où} \quad \frac{dD}{dx} = 4 \times \frac{1}{n} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{n^2}}} - \frac{2}{\sqrt{1 - x^2}}.$$

Cette dérivée s'annule au niveau du maximum, qui est donc tel que

$$\begin{aligned} \frac{4}{n} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x^2}{n^2}}} &= \frac{2}{\sqrt{1 - x^2}} \\ \frac{n^2}{16} \left(1 - \frac{x^2}{n^2}\right) &= \frac{1 - x^2}{4} \\ n^2 - x^2 &= 4 - 4x^2 \\ 3x^2 &= 4 - n^2 \end{aligned}$$

et en revenant à $x = \sin i_1$ on en déduit

$$\sin i_{1,\max} = \sqrt{\frac{4-n^2}{3}}.$$

5) On en déduit

$$D_{\max} = 4 \arcsin \left(\frac{1}{n} \sqrt{\frac{4-n^2}{3}} \right) - 2 \arcsin \sqrt{\frac{4-n^2}{3}} - \pi.$$

6) Si la longueur d'onde augmente, alors d'après la loi de Cauchy l'indice diminue, et d'après la courbe représentée l'angle de déviation maximale **augmente**.

7) Le spectre visible contient les longueurs d'ondes comprises entre 400 nm (violet) et 800 nm (rouge).

8) La lumière atteint les gouttes avec toutes les incidences possibles, mais la courbe de déviation étant plus plate au voisinage du maximum, il y a le plus d'intensité lumineuse en sortie de la goutte dans la direction donnée par le maximum de déviation. On peut dire qu'il y a accumulation de lumière dans cette direction.

Compte tenu de ce qui précède, l'angle de déviation maximale est plus grand pour le rouge que pour le violet **mais** comme l'angle de déviation est négatif alors en valeur absolue

$$|D_{\text{violet}}| > |D_{\text{rouge}}|.$$

Autrement dit, l'angle entre les rayons entrant et sortant de la goutte, égal à $2\pi - |D|$, est plus grand pour le rouge que pour le bleu.

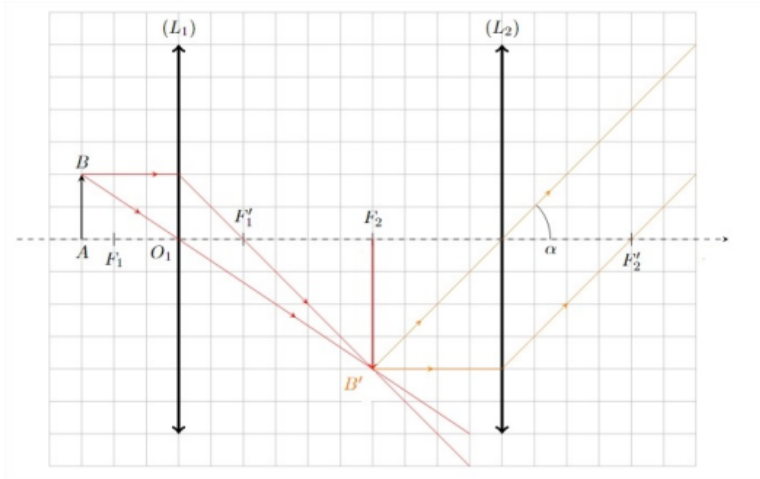
Les rayons du Soleil arrivent tous parallèles les uns aux autres, pour une goutte donnée le rayon rouge part donc davantage vers le bas que le rayon violet. Cependant, les rayons « qui comptent » sont ceux qui aboutissent à l'œil de l'observateur ... qui ne sont pas déviés par la même goutte ! Comme le montre la figure 1, les rayons rouges atteignant l'œil de l'observateur sont déviés par une goutte située plus haut que celle qui dévie les rayons violets. Ainsi, **l'anneau rouge paraît au dessus de l'anneau violet** dans le ciel.

II. Le microscope (d'après sujet PT 2017)

1 microscope optique

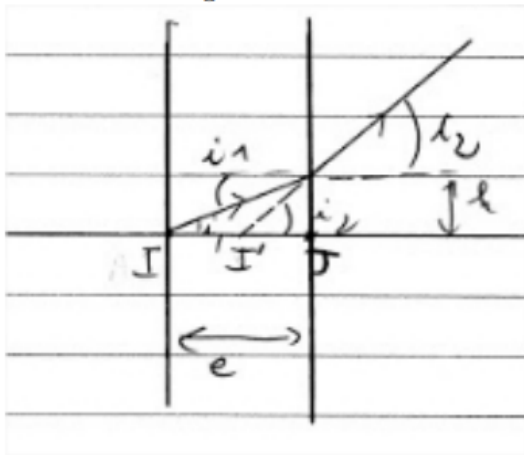
1.1 le microscope classique

- 1) Les rayons doivent être peu inclinés et peu éloignés de l'axe optique pour être dans les conditions de l'optique paraxiale.
- 2) On a : $\Delta = \overline{F'_1 F_2} = \overline{F'_1 O_1} + \overline{O_1 O_2} + \overline{O_2 F_2} = D_0 - f'_1 - f'_2$
AN : $\Delta = 100 \text{ mm}$
- 3) Il suffit de traduire les hypothèses de l'énoncé : $A \xrightarrow{L_1} A' = F_2$
Et donc : $\frac{1}{\overline{O_1 F_2}} - \frac{1}{\overline{O_1 A}} = \frac{1}{f'_1} \Rightarrow d = \frac{f'_1(f'_1 + \Delta)}{\Delta}$ (avec $d = \overline{A_1 O_1}$ et $\overline{O_1 F_2} = f'_1 + \Delta$).
AN : $d = 5.25 \text{ mm}$
- 4) Par définition, $\gamma_1 = \frac{\overline{O_1 F_2}}{\overline{O_1 A_1}} = -\frac{f'_1 + \Delta}{d} = -\frac{\Delta}{f'_1} = -20$. L'image est donc renversée.
- 5) L'objet intermédiaire étant dans le plan focal objet de l'oculaire, l'image finale sera à l'infini permettant ainsi une observation sans accommodation.
- 6) Construction géométrique :



- 7) On a , d'après la figure ci-dessus : $\alpha' \simeq \tan(\alpha') = \frac{A'B'}{f'_2}$
et $\alpha \simeq \tan(\alpha) = \frac{AB}{D}$
donc : $G = \frac{|\gamma_1|D}{f'_2} \simeq 333$

8) Observons la figure ci-dessous :



Dans laquelle nous avons : $n \sin(i_1) = \sin(i_2)$, soit dans les conditions de Gauss,
 $n i_1 = i_2$

Par ailleurs, $\tan(i_1) = \frac{h}{e}$ et $\tan(i_2) = \frac{h}{I'J}$

d'où : $I'J \simeq \frac{e_1}{i_2} \simeq \frac{e}{n}$

L'observateur voit à travers le microscope l'image I' de I, donc $\epsilon = I'J$ et donc $e = n\epsilon$

AN : $e = 630 \mu\text{m} \pm 15 \mu\text{m}$

III. Grandeurs de Planck

Grandeurs de Planck

1. Étudions les dimensions des formules proposées :

$$\dim \left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \right) = \dim(\hbar)^{1/2} \cdot \dim(G)^{1/2} \dim(c)^{-3/2} = (M \cdot L^2 \cdot T^{-1})^{1/2} \cdot (M^{-1} \cdot L^3 \cdot T^{-2})^{1/2} (L \cdot T^{-1})^{-3/2} = M^{1/2} \cdot L \cdot T^{-1/2} \cdot M^{-1/2} \cdot L^{3/2} \cdot T^{-1} \cdot L^{-3/2} \cdot T^{3/2} = [L] . \text{ C'est donc la longueur de planck } l_p.$$

$$\dim \left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \right) = \dim(\hbar)^{1/2} \cdot \dim(G)^{1/2} \dim(c)^{-5/2} = (M \cdot L^2 \cdot T^{-1})^{1/2} \cdot (M^{-1} \cdot L^3 \cdot T^{-2})^{1/2} (L \cdot T^{-1})^{-5/2} = M^{1/2} \cdot L \cdot T^{-1/2} \cdot M^{-1/2} \cdot L^{3/2} \cdot T^{-1} \cdot L^{-5/2} \cdot T^{5/2} = [T] . \text{ C'est donc la durée de planck } \tau_p.$$

$$\dim \left(\sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \right) = \dim(\hbar)^{1/2} \cdot \dim(c)^{1/2} \dim(G)^{-1/2} = (M \cdot L^2 \cdot T^{-1})^{1/2} \cdot (L \cdot T^{-1})^{1/2} \cdot (M^{-1} \cdot L^3 \cdot T^{-2})^{-1/2} = M^{1/2} \cdot L \cdot T^{-1/2} \cdot L^{1/2} \cdot T^{-1/2} \cdot M^{1/2} \cdot L^{-3/2} \cdot T = [M] . \text{ C'est donc la masse de planck } m_p.$$

2. A.N : $l_p = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ m}$; $m_p = 2,2 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$; $\tau_p = 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ s}$

3. Écrivons l'équation aux dimensions :

$$T_p = c^a \cdot k_B^b \cdot m_p^c \Rightarrow \dim(T_p) = \dim(c)^a \cdot \dim(k_B)^b \cdot \dim(m_p)^c$$

soit : $[\Theta] = (L \cdot T^{-1})^a \cdot (M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot \Theta^{-1})^b \cdot (M)^c = [L^{a+2b} \cdot \Theta^{-b} \cdot T^{-a-2b} \cdot M^{b+c}]$. On obtient donc un système à trois inconnues, a, b, c qui se trouvent avec les quatre équations :

$$\begin{cases} 0 = a + 2b \\ 1 = -b \\ 0 = -a - 2b \\ 0 = b + c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = -2b = 2 \\ -1 = b \\ a = -2b = 2 \\ c = -b = 1 \end{cases}$$

Finalement, On a $T_p = c^2 \cdot k_B^{-1} \cdot m_p$

A.N : $T_p = 1,4 \cdot 10^{32} \text{ K}$