

Devoir surveillé n°3 - Calculatrice autorisée

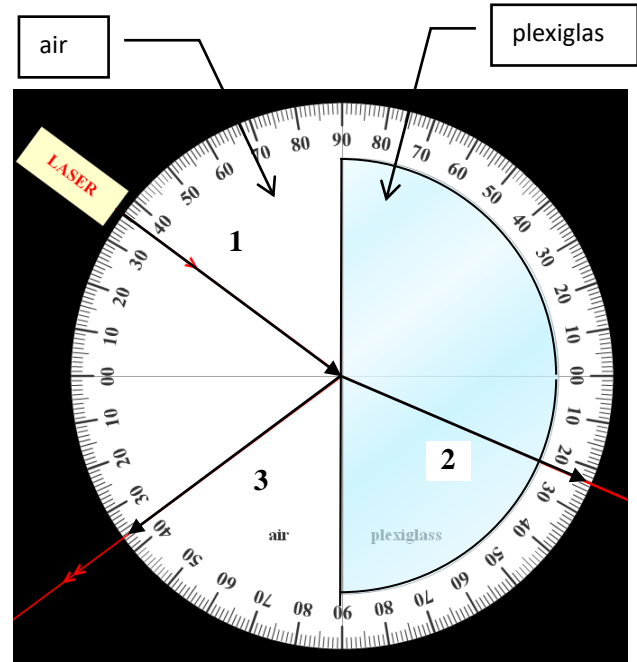
Durée : 1 heure

Exercice n°1 : La réfraction (12 points)

Un rayon de lumière rouge (en noir sur le schéma) issu d'une source laser et se propageant dans l'air, arrive sur la face plane d'un demi-cylindre de plexiglas.

1. Répondre à l'aide du schéma ci-dessous

- 1.1. Comment se nomme le rayon noté 1 ?
.....
- 1.2. Comment se nomme le rayon noté 2 ?
.....
- 1.3. Indiquer sur le schéma, par un trait vert, la ligne (ou surface) de séparation entre l'air et le plexiglas.
- 1.4. Indiquer, par un trait bleu, sur le schéma la normale à la ligne (ou surface) de séparation
- 1.5. Repérer sur le schéma l'angle d'incidence noté i_1 . Donner sa valeur i_1 au degré près : $i_1 = \dots\dots\dots$
- 1.6. Repérer sur le schéma l'angle de réfraction noté i_2 . Donner sa valeur i_2 au degré près : $i_2 = \dots\dots\dots$



2. Indice de réfraction

L'indice de réfraction d'un milieu transparent dépend de la vitesse dans le milieu selon la relation.

Données : vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Si l'indice du milieu est $n_{\text{milieu}} = 1,33$, sachant que $n_{\text{milieu}} = c / v_{\text{milieu}}$ quelle est la vitesse v_{milieu} de la lumière dans ce milieu ?

3. la loi de Snell-Descartes .

3.1. Cocher la relation mathématique correspondant à l'expression de la loi de Descartes dans ce cas de figure.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> $n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(67^\circ)$ | <input type="checkbox"/> $n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ)$ |
| <input type="checkbox"/> $n_{\text{air}} \times \sin(23^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(36^\circ)$ | <input type="checkbox"/> $n_{\text{air}} \times \sin(67^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(54^\circ)$ |

3.2. Déterminer l'indice de réfraction n_{plexi} du plexiglas. Détailler votre calcul.

On fait maintenant tourner le disque gradué de façon à ce que le rayon arrive sur la face plane du demi-cylindre avec un angle d'incidence de $i_1 = 54^\circ$.

3.3. Utiliser la loi de Descartes pour calculer l'angle de réfraction i_2 (à 1° près). Détailler votre raisonnement et vos calculs. (Si vous n'avez pas la valeur de l'indice de réfraction n_{plexi} du plexiglas, prendre $n_{\text{plexi}} = 1,50$).

Exercice n°2 : L'arc-en-ciel (5 points)

La réfraction de la lumière blanche provenant du soleil par les gouttes de pluie est à l'origine des arcs-en-ciel.

L'indice de l'eau constituant les gouttes de pluie dépend de la longueur d'onde des radiations, selon la relation :

$n(\text{eau}) = n_0 + B/\lambda^2$ avec $n_0 = 1,320$ et $B = 2,376 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$

Tous les résultats seront donnés avec 4 chiffres significatifs. $n(\text{air}) = 1,000$

1. Calculer l'indice de l'eau n_R pour une radiation rouge de longueur d'onde $\lambda_1 = 750,0 \text{ nm}$ et l'indice de l'eau n_V pour une radiation violette de longueur d'onde $\lambda_2 = 420,0 \text{ nm}$. (attention aux unités, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

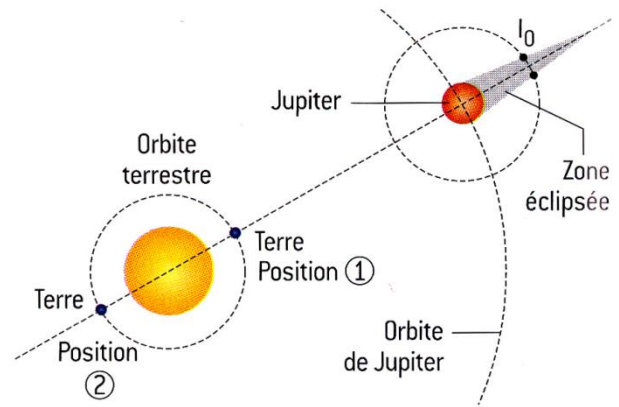
2. Un rayon lumineux provenant du soleil pénètre, en A, dans une goutte d'eau avec un angle d'incidence $i_1 = 50,00^\circ$ et se réfracte dans la goutte d'eau sous un angle i_{2R} pour la radiation rouge et i_{2V} pour la radiation violette. Calculer i_{2R} et i_{2V} .

3. Comment s'appelle ce phénomène ?

Exercice n°3 : Roemer et la célérité de la lumière (5 points)

En 1676, l'astronome danois Roemer étudie les éclipses de Io, un satellite de Jupiter, et mesure les temps de retard ou d'avance de ces éclipses en fonction de la position de la Terre. Il estime qu'il faut 22 minutes à la lumière pour parcourir la distance entre les positions 1 et 2 de la Terre sur le schéma ci-contre. A cette époque, la valeur du rayon de l'orbite terrestre est estimée à 140 millions de km.

En expliquant votre raisonnement, calculer la valeur c de la célérité de la lumière (en $m.s^{-1}$) estimée par Roemer et porter un regard critique sur le résultat.



Correction. (Avec barème).

Exercice n°1 :La réfraction (9 points)

Répondre à l'aide du schéma ci-dessous

- 1.1 Le rayon noté 1 est le rayon incident (1 point)
- 1.2 Le rayon noté 2 est le rayon réfracté (1 point)
- 1.3 Voir schéma (0.5 point)
- 1.4 Voir schéma (0.5 point)
- 1.5 Repérer sur le schéma l'angle d'incidence noté i_1 . Donner sa valeur i_1 au degré près : $i_1 = 36^\circ$ (1 point)
- 1.6 Repérer sur le schéma l'angle de réfraction noté i_2 . Donner sa valeur i_2 au degré près : $i_2 = 23^\circ$ (1 point)

Indice de réfraction

La vitesse de la lumière dans l'air est la même que celle dans le vide donc $n_{\text{air}} = \frac{c}{c} = 1,0$ (1 point)

3^{ème} loi de Snell-Descartes

- 3.1 la 3^{ème} loi de Descartes dans ce cas de figure est $\boxed{\times} n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ)$ (1 point)
- 3.2 $n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(23^\circ)$ d'où $n_{\text{plexi}} = \frac{n_{\text{air}} \times \sin(36^\circ)}{\sin(23^\circ)} = \frac{1,0 \times 0,59}{0,39} = 1,5$ (1 point)
- 3.3 $n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ) = n_{\text{plexi}} \times \sin(i_2)$ soit $\sin(i_2) = \frac{n_{\text{air}} \times \sin(54^\circ)}{n_{\text{plexi}}}$; $\sin(i_2) = \frac{1,0 \times 0,81}{1,5} = 0,54$ soit $i_2 = 33^\circ$ (1 point)

Exercice n°2 : L'arc-en-ciel (5 points)

1. $n_R = n_0 + B / \lambda_1^2 = 1,320 + 2,376 \times 10^{-15} / (750 \times 10^{-9})^2 = 1,324$ (1 point)

$n_v = n_0 + B / \lambda_2^2 = 1,320 + 2,376 \times 10^{-15} / (420 \times 10^{-9})^2 = 1,333$ (1 point)

2. $n(\text{air}) \cdot \sin i_1 = n_v \cdot \sin i_{2v}$

$$\sin i_{2v} = \frac{n(\text{air}) \cdot \sin i_1}{n_v} = \frac{1,000 \times \sin 50,00}{1,333} = 0,5746$$

$$i_{2v} = \sin^{-1}(0,5746) = 35,07^\circ$$

$$\sin i_{2r} = \frac{n(\text{air}) \cdot \sin i_1}{n_r} = \frac{1,000 \times \sin(50,00)}{1,324} = 0,5786$$

$$i_{2r} = \sin^{-1}(0,5786) = 35,35^\circ$$

(1+1 points)

3. Ce phénomène s'appelle la dispersion de la lumière blanche du soleil. Il provoque des arcs en ciel. (1 point)

Exercice n°3 : L'arc-en-ciel (5 points)

- Distance parcourue par la lumière entre les positions 1 et 2 : $d = 2 \times 140 \times 10^6 = 2,8 \times 10^8 \text{ km} = 2,8 \times 10^{11} \text{ m}$.
- Durée : $\Delta t = 22 \text{ min} = 22 \times 60 = 1320 \text{ s}$.
- Célérité de la lumière : $c = d / \Delta t = 2,8 \times 10^{11} / 1320 \approx 2,1 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Cette valeur est du même ordre de grandeur que la valeur approchée actuelle ($3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$) mais elle n'est pas identique ; cela s'explique par une estimation pas assez fiable à l'époque du diamètre de l'orbite terrestre et de la durée du décalage (manque de précision des instruments de mesure et avancées scientifiques insuffisantes).