

ETUDE D'UN PRISME.

Un prisme est un objet utilisé en optique, taillé dans un matériau transparent (comme le verre ou le plexi-glas), et qui a une forme particulière: il comporte trois faces planes rectangulaires et deux faces planes triangulaires.

Le rayon d'un faisceau de lumière issu d'un laser est dirigé sur la surface d'un prisme de verre avec un angle de $30,4^\circ$ par rapport à cette même surface du prisme qui sépare l'air de la salle de classe du verre du prisme. Le rayon poursuit son chemin dans le verre du prisme avec un angle de $29,6^\circ$ par rapport à la normale de la surface de séparation.

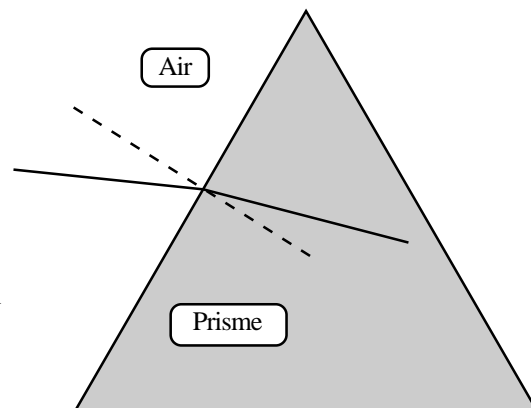
1°) Compléter le schéma qualitatif (les valeurs des angles ne sont pas respectées) ci-contre et reprendre l'énoncé de l'exercice. Y faire apparaître les notions suivantes: *rayon incident*, *rayon réfracté*, *angle d'incidence (et sa valeur)*, *angle réfracté (et sa valeur)*, *point d'incidence*, *surface de séparation et normale*.

Par une flèche faire apparaître le sens de propagation des rayons incidents et réfractés.

LAPRESENTEFEUILLEDEL'ENONCEESTARENDREAVECVOTRECOPIE.

2°) Quel est le nom du phénomène qui permet d'expliquer le changement de direction du rayon de lumière au passage de la surface de séparation air - verre ?

3°) Ce phénomène est modélisé par une formule. Enoncer cette relation. A partir des données de l'exercice, calculer la valeur de l'indice de réfraction du verre. Bien détailler le calcul. On donne le résultat avec trois chiffres significatifs après la virgule.



En fait il existe différents types de verre:

- Le verre courant, appelé crown en optique, est fabriqué à partir de la silice SiO_2 , de la soude NaOH , de la potasse KOH et de la chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Son indice moyen est 1,5.
- Le cristal, ou flint est un verre qui contient du plomb. Son indice vaut $n = 1,7$ environ.

4°) Quel prisme a-t-on utilisé ? Justifier la réponse.

L'angle au sommet A du prisme vaut $60,0^\circ$. On appelle déviation D l'angle que fait la direction du faisceau émergent par rapport à la direction du faisceau incident.

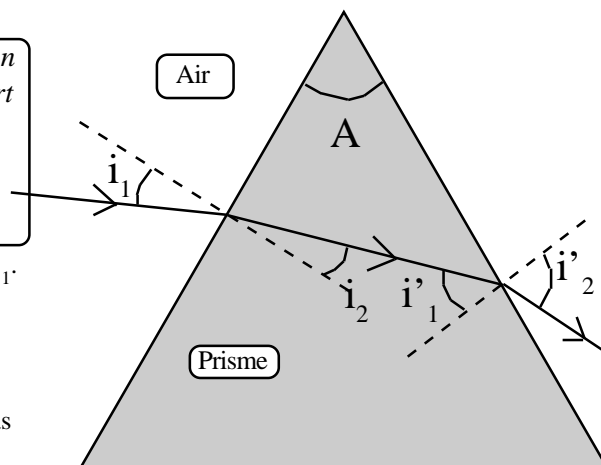
Les divers angles obéissent aux relations suivantes:

$$A = i_2 + i'_1 \quad \text{et} \quad D = i_1 + i'_2 - A$$

5°) En exploitant une (ou deux) relation donnée ci-dessus, déterminer l'angle i'_1 . Certaines valeurs numériques données en tête de feuille peuvent être utiles.

6°) En déduire l'angle de réfraction i'_2 .

7°) Calculer l'angle de déviation D subie par le faisceau après la traversée du prisme. Représenter sur le schéma qualitatif (les valeurs des angles ne sont pas respectées) ci-contre l'angle de déviation D.



L'indice de réfraction peut aussi se calculer à partir de la vitesse de la lumière dans le vide.

8°) Rappeler cette formule. Préciser la signification de chacune des grandeurs physiques qui apparaît dans cette relation. Donner leur unité. En déduire l'unité de l'indice de réfraction.

9°) Quelle est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ?

10°) Déterminer la vitesse de la lumière du faisceau laser dans le verre. Bien détailler le calcul. On prendra pour valeur de l'indice de réfraction, la valeur moyenne $n = 1,6$. On donnera le résultat sous la forme d'un nombre entier qui compte 6 chiffres.

En réalité, l'indice de réfraction varie selon la couleur du rayon du faisceau de lumière. L'indice du verre vaut:

- 1,782 pour un faisceau rouge;
- 1,741 pour un faisceau violet

Deux faisceaux (un rouge et l'autre violet) sont dirigés sur la surface du prisme avec le même angle d'incidence égal à 30° .

11°) Calculer l'angle de réfraction r_v pour le faisceau violet et r_r pour le faisceau rouge, suite au 1^{er} passage à travers la surface qui sépare l'air du verre.

12°) Quel est le rayon le plus dévié ? Calculer l'angle entre le rayon rouge réfracté et le rayon violet réfracté.

PHYSIQUE: ETUDE D'UN PRISME.

1°) Voir ci-contre.

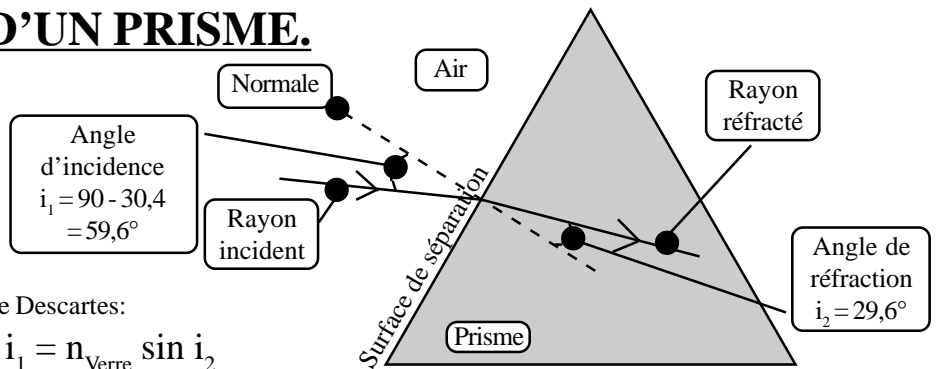
2°) Le phénomène physique qui permet d'expliquer le changement de direction du rayon de lumière au passage de la surface de séparation air - verre est la réfraction.

3°) Ce phénomène est modélisé par la relation de Descartes:

$$n_{\text{Air}} \sin i_1 = n_{\text{Verre}} \sin i_2$$

avec n les indices de réfraction des milieux transparents

i les angles des rayons incident et réfracté par rapport à la normale à la surface de séparation.



On peut en déduire la valeur de l'indice de réfraction du verre: $n_{\text{Verre}} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\sin 59,6^\circ}{\sin 29,6^\circ} = 1,746.$

4°) Le prisme utilisé est celui en cristal, encore appelé prisme de flint car son indice vaut $n = 1,7$ environ.

5°) En utilisant la relation de l'énoncé $A = i_2 + i'_1$, on peut déterminer l'angle $i'_1 = A - i_2 = 60,0 - 29,6 = 30,4^\circ$

6°) En utilisant la relation de Descartes $n_{\text{Verre}} \sin i'_1 = n_{\text{Air}} \sin i'_2$, on peut déterminer

$$\sin i'_2 = \frac{n_{\text{Verre}} \times \sin i'_1}{n_{\text{Air}}} = \frac{1,746 \times \sin 30,4^\circ}{1,00} = 0,884 \quad \text{on peut déterminer } i'_2 = 62,1^\circ$$

7°) En utilisant la relation de l'énoncé $D = i_1 + i'_2 - A$, on peut déterminer l'angle $D = 59,6 + 62,1 - 60 = 61,7^\circ$

Sur le schéma on peut représenter l'angle de déviation D .

8°) L'indice de réfraction peut se calculer par la relation

$$n = \frac{\text{célérité de la lumière dans le vide}}{\text{célérité de la lumière dans le verre}} = \frac{c}{v}$$

Les deux célérités s'expriment en m.s^{-1} , de sorte que le rapport de ces deux grandeurs physiques de même unité, et lui-même sans unité. Ainsi l'indice de réfraction est une grandeur physique sans unité.

9°) La vitesse de propagation de la lumière dans le vide est de $300\,000 \text{ km.s}^{-1}$.

$$10^\circ) \quad n = \frac{c}{v} \quad \text{soit} \quad v = \frac{c}{n} = \frac{300\,000 \text{ km.s}^{-1}}{1,6} = 187\,500 \text{ km.s}^{-1}$$

11°) Pour calculer l'angle de réfraction r on applique à nouveau la relation de Descartes:

$$n_{\text{Air}} \sin i = n_{\text{Verre}} \sin r \quad \sin r = \frac{n_{\text{Air}}}{n_{\text{Verre}}} \sin i$$

$$\text{soit } \sin r_R = \frac{1,0}{1,782} \sin (30^\circ) \quad \text{soit } r_R = 16,3^\circ$$

$$\text{soit } \sin r_V = \frac{1,0}{1,741} \sin (30^\circ) \quad \text{soit } r_V = 16,7^\circ$$

12°) Le rayon violet a un angle de réfraction plus grand que le rayon rouge. De sorte qu'à la suite du passage Air - Verre, le rayon qui se trouve le plus loin de la normale est celui qui a l'angle de réfraction le plus grand. On peut donc dire que ce rayon violet, qui s'éloigne le plus de la normale, est celui qui a été le plus dévié, car l'angle entre la prolongation du rayon incident et le rayon réfracté est le plus grand.

L'angle entre le rayon violet réfracté et le rayon rouge réfracté a donc pour valeur la différence entre les deux angles réfractés, soit

$$r_V - r_R = 16,7 - 16,3 = 0,4^\circ$$

