

P5. Lumière, onde ou particule ? Exercices

Exercice 1. Déterminer une longueur d'onde à l'aide d'une figure de diffraction

Une fente de largeur a est éclairée avec une lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ . Sur un écran situé à une distance D de la fente, on visualise la figure de diffraction obtenue dont la tache centrale a une largeur L .

1. Donner la relation entre la longueur d'onde λ , la demi-largeur angulaire θ de la tache centrale et la largeur a de la fente.
2. A l'aide d'un schéma, exprimer en justifiant la demi-largeur angulaire θ de la tache centrale en fonction des caractéristiques de la figure de diffraction observée L et D .
3. En déduire l'expression du rapport λ / L et montrer que ce rapport est constant, quelque soit la longueur d'onde λ utilisée.

En lumière rouge, à une longueur d'onde $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$, la tache centrale a une largeur $L_1 = 8,0 \text{ cm}$. Pour une lumière jaune de longueur d'onde λ_2 , on mesure une largeur de tache centrale $L_2 = 7,5 \text{ cm}$.

4. A l'aide du rapport λ / L exprimé à la question précédente, déterminer la valeur de la longueur d'onde λ_2 .

Exercice 2. Diffraction par une ouverture circulaire

La figure ci-contre représente, à l'échelle $\frac{1}{2}$, la figure de diffraction obtenue avec un faisceau parallèle de lumière émis par un laser et traversant un trou de diamètre a . L'écran est situé à une distance $L = 2,0 \text{ m}$ du trou.

Dans le cas d'une ouverture circulaire, la demi-largeur angulaire de la tache

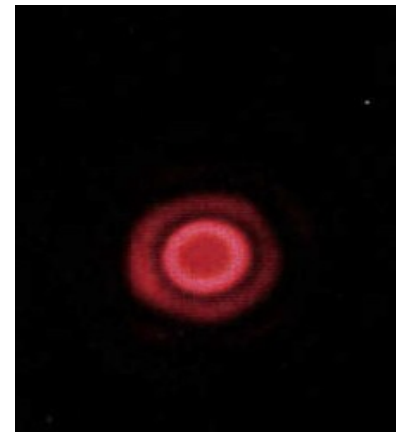
$$\theta = \frac{1,22 \lambda}{a}$$

centrale de diffraction est donnée par la formule :

1. Quelle relation existe-t-il entre la demi-largeur angulaire θ de la tache centrale, le diamètre D de la tache centrale et la distance L séparant l'écran du trou ?

La longueur d'onde dans le vide du laser utilisé est $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

2. A partir du document ci-contre, calculer le diamètre a du trou.



Exercice 3. Couleur d'un maillot de bain

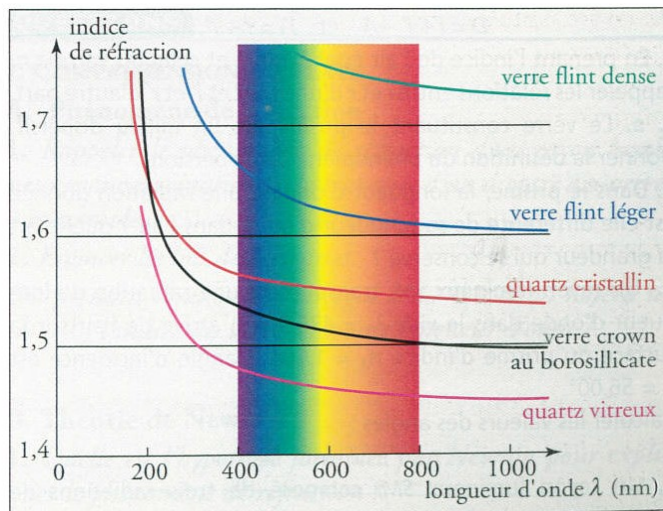
Un maillot de bain rouge éclairé à la lumière du jour émet principalement une radiation de longueur d'onde $\lambda_{\text{air}} = 630 \text{ nm}$ dans l'air.

1. Quelle est la longueur d'onde de cette radiation dans l'eau d'indice $n_E = 1,324$?
2. Voit-on le maillot de bain de la même couleur dans l'eau ?
3. Quelle est la fréquence de cette radiation ?
4. Quelle serait la couleur d'une radiation dont la longueur d'onde dans l'eau serait $\lambda_E = 400 \text{ nm}$?

Exercice 4. Etudier les milieux dispersifs

Le document ci-contre représente les variations de l'indice de réfraction de différents milieux en fonction de la longueur d'onde dans le vide des ondes lumineuses.

1. Situer sur le document le domaine des UV et des IR.
2. Définir (expliquer) le phénomène de dispersion pour des ondes lumineuses.
3. Dans le domaine visible, quel est le matériau le plus dispersif ?
4. Citer 2 expériences de la vie quotidienne qui mettent en évidence le phénomène de dispersion.
5. Calculer les célérités d'une lumière jaune dans un quartz vitreux et dans un verre en flint léger.



Un faisceau parallèle constitué de 2 radiations (une rouge et une violette) arrive sur un dioptre air-verre crown avec un angle de $60,0^\circ$ par rapport à la surface du dioptre.

6. Faire un schéma et montrer que dans le verre crown, il se propage 2 rayons colorés séparés d'un angle θ .
7. Calculer la valeur de l'angle θ .

Exercice 5. Aspect particulière de la lumière

C'est notamment pour expliquer l'effet photoélectrique qu'Einstein a postulé l'existence des photons : pour extraire un électron d'un métal, il faut apporter une énergie appelée travail d'extraction. Il y a effet photoélectrique si le photon qui frappe le métal apporte une énergie égale ou supérieure au travail d'extraction.

L'énergie nécessaire à l'extraction d'un électron d'une électrode de tungstène est de 4,49 eV (voir donnée en haut de page).

1. Calculer la longueur d'onde dans le vide d'un photon d'énergie 4,49 eV. Cette longueur d'onde est appelée longueur d'onde seuil du tungstène.
2. Pour observer l'effet photoélectrique avec le tungstène, doit-on utiliser des photons de longueur d'onde supérieure ou inférieure à la longueur d'onde seuil ? Justifier.

Donnée : 1 électron-volt = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Exercice 6. Science in English

In the photoelectric effect, electron excitation is achieved by absorption of a photon. The work function is the minimum energy that must be given to an electron to liberate it from the surface of a particular substance. If the photon's energy is greater than the substance's work function, photoelectric emission occurs and the electron is liberated from the surface. Excess photon energy results in a liberated electron with non-zero kinetic energy.

Element	Ag	Ba	Al	Be
Work function (eV)	4,74	2,70	4,26	4,98

1. A partir du texte, proposer une définition de « work function ».
2. La lumière est-elle décrite sous son aspect ondulatoire ou particulaire ?
3. Parmi ceux qui sont proposés dans ce document, quel(s) matériau(s) faut-il choisir pour qu'il y ait émission d'électrons lorsque les photons incidents ont une fréquence de $1,1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$?

Donnée : 1 électron-volt = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$