

EXERCICES

- Démontrer l'effet Faraday dans le verre flint.
- Mesurer l'angle de rotation du plan de polarisation dans le champ magnétique.
- Déterminer la constante de Verdet pour la lumière rouge et verte.
- Déterminer le coefficient de Cauchy b de l'indice de réfraction.

OBJECTIF

Démontrer l'effet Faraday et déterminer la constante de Verdet pour le verre flint

RESUME

Les substances optiquement isotropes, transparentes et non magnétiques deviennent actives optiquement dans un champ magnétique. Elles tournent le plan de polarisation de la lumière polarisée linéairement et traversant la substance dans le sens du champ magnétique, car les temps de déplacement des parties polarisées circulaires gauches et droites sont différents. Cet effet est appelé effet Faraday. Au cours de l'expérience, l'effet Faraday est mesuré dans du verre flint. Ce verre se distingue par une dispersion optique uniforme très élevée. Le rapport de l'indice de réfraction n avec la fréquence peut être reproduit dans une bonne approximation à l'aide de la formule de Cauchy.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Banc d'optique à section triangulaire D, 1000 mm	1002628
4	Cavalier optique D, 90/50	1002635
1	Pied optique D	1009733
1	Diode laser rouge de précision	1003201
1	Laser vert 532 nm Classe II	1003202
2	Filtre de polarisation sur tige	1008668
1	Ecran de projection	1000608
1	Noyau de transformateur D	1000976
2	Paire d'épanouissements polaires	1000978
2	Bobine D, 900 spires	1012859
1	Parallélépipède de verre flint pour effet Faraday	1012860
1	Lot d'accessoires pour effet Faraday	1012861
1	Teslamètre E	1008537
1	Capteur de champs magnétiques à sonde de Hall double	1001040
1	Socle de serrage, 1000 g	1002834
1	Pince universelle	1002833
1	Jeu de 15 cordons à reprise arrière, 75 cm, 1 mm ²	1002840
1	Alimentation CC 1 – 32 V, 0 – 20 A (230 V, 50/60 Hz)	1012857 ou
	Alimentation CC 1 – 32 V, 0 – 20 A (115 V, 50/60 Hz)	1012858

2

GENERALITES

Les substances optiquement isotropes, transparentes et non magnétique deviennent actives optiquement dans un champ magnétique. Elles tournent le plan de polarisation de la lumière polarisée linéairement et traversant la substance dans le sens du champ magnétique, car les temps de déplacement des parties polarisées circulaires gauches et droites sont différents. Cet effet est appelé effet Faraday.

Les différences de temps s'expliquent dans un modèle simple par la modification de fréquence que subit la lumière polarisée circulaire dans le champ magnétique. En cas de lumière à polarisation droite, la fréquence f augmente légèrement de la fréquence de Larmor

$$(1) \quad f_L = \frac{e}{4\pi \cdot m_e} \cdot B,$$

$e = 1,6021 \cdot 10^{-19}$ As : charge élémentaire

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg : masse au repos de l'électron

La fréquence de la lumière à polarisation gauche diminue de la même valeur. Par conséquent

$$(2) \quad f_{\pm} = f \pm f_L$$

Les différences de fréquence proviennent de différents indices de réfraction dans la matière. C'est pourquoi les vitesses d'onde dans la matière sont différentes.

Ces indications permettent de calculer la rotation du plan de polarisation dans la matière active optiquement :

$$(3) \quad \varphi = 2\pi \cdot f \cdot (t_+ - t_-) = 2\pi \cdot f \cdot \frac{d}{c} \cdot (n(f_+) - n(f_-))$$

d : longueur d'échantillon,
 $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$: vitesse de la lumière

Comme la fréquence de Larmor f_L est sensiblement inférieure à f , il en résulte

$$(4) \quad \varphi = 2\pi \cdot f \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{dn}{df} \cdot 2 \cdot f_L$$

$$= f \cdot \frac{dn}{df} \cdot \frac{e}{m_e \cdot c} \cdot B \cdot d$$

L'angle de rotation φ est donc proportionnel au champ magnétique B et à la distance traversée par la lumière d :

$$(5) \quad \varphi = V \cdot B \cdot d$$

La constante de proportionnalité

$$(6) \quad V = \frac{e}{m_e \cdot c} \cdot f \cdot \frac{dn}{df}$$

est appelée constante de Verdet et dépend de la dispersion de la lumière dans la matière traversée par la lumière et de la fréquence f de la lumière. Au cours de l'expérience, l'effet Faraday est mesuré dans du verre flint F2. Ce verre se distingue par une dispersion optique uniforme très élevée. Le rapport de l'indice de réfraction n avec la fréquence peut être reproduit dans une bonne approximation à l'aide de la formule de Cauchy.

$$(7) \quad n(f) = a + \frac{b}{c^2} \cdot f^2$$

avec $a = 1,62$, $b = 8920 \text{ nm}^2$

Dans l'expérience, pour augmenter la précision de mesure (car l'angle de rotation est assez faible), on détermine la polarisation de la lumière pour un champ magnétique positif B de sorte que l'analyseur assombrit le champ de vision précisément à 0° . Après basculement vers le champ magnétique négatif $-B$, l'analyseur est tourné dans un angle 2φ pour obtenir de nouveau de l'obscurité.

EVALUATION

À partir de (6) et (7),
 on obtient
$$V = \frac{2 \cdot e \cdot b \cdot f^2}{m_e \cdot c^3} = \frac{2 \cdot e \cdot b}{m_e \cdot c \cdot \lambda^2}$$

Si la longueur d'onde λ de la lumière utilisée est connue, la constante de Verdet permet de déterminer également le coefficient de Cauchy b pour l'indice de réfraction du verre flint utilisé.

$$b = \frac{m_e \cdot c}{2 \cdot e} \cdot V \cdot \lambda^2$$

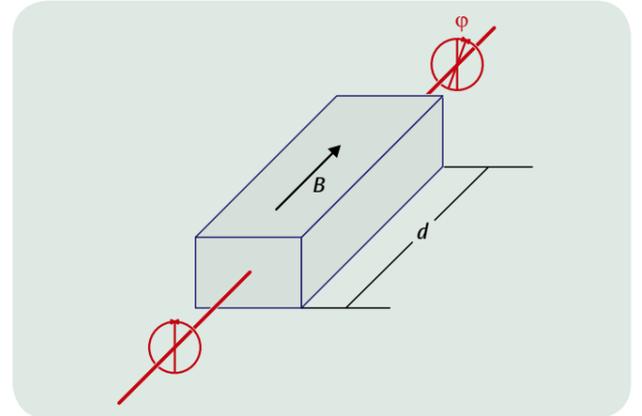


Fig. 1 Représentation schématique expliquant l'effet Faraday

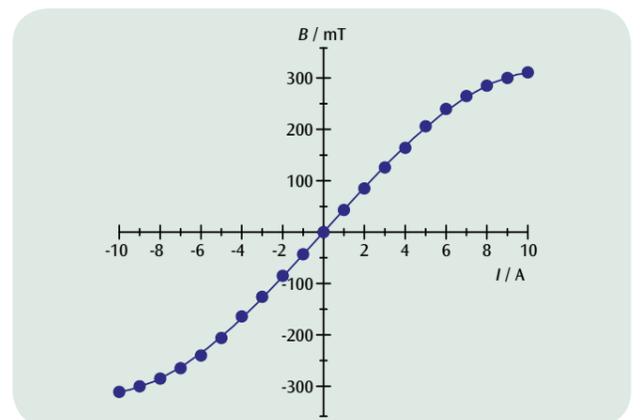


Fig. 2 Courbe de calibration de l'électroaimant

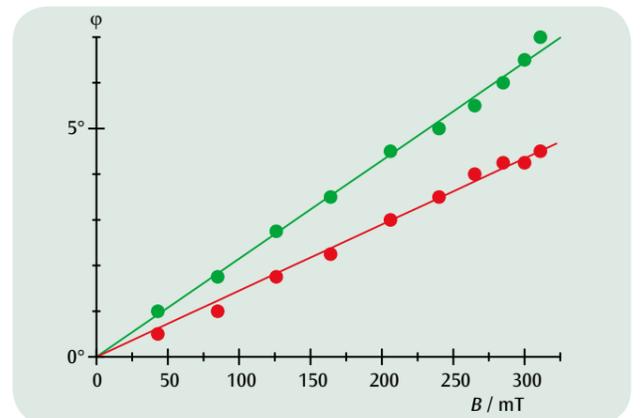


Fig. 3 Angle de rotation en fonction du champ magnétique pour la lumière laser rouge et verte