


OBJECTIF
Installation et calibrage d'un spectromètre à prisme
RESUME

Dans un spectromètre à prisme, la décomposition en couleurs spectrales de la lumière traversant un prisme est utilisée pour mesurer des spectres optiques. La mesure des longueurs d'onde nécessite un calibrage, car cette dispersion angulaire n'est pas linéaire. Dans l'expérience, on utilise pour le calibrage le spectre « connu » d'une lampe Hg, puis on mesure le spectre « inconnu » d'une lampe Cd.

EXERCICES

- Ajuster le spectromètre à prisme et effectuer un calibrage avec les raies spectrales d'une lampe Hg.
- Mesurer l'angle de déviation minimum à $\lambda = 546,07$ nm.
- Déterminer l'indice de réfraction du verre flint à $\lambda = 546,07$ nm ainsi que les paramètres de Cauchy b et c de l'indice de réfraction qui dépend de la longueur d'onde.
- Calculer une courbe de calibrage d'après la formule de dispersion de Hartmann.
- Mesurer un spectre de raies inconnu.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Goniomètre de précision	1002912
1	Alimentation pour lampes spectrales (230 V, 50/60 Hz)	1003196 ou
	Alimentation pour lampes spectrales (115 V, 50/60 Hz)	1003195
1	Lampe spectral Hg / Cd	1003546
1	Lampe spectral Hg 100	1003545

GENERALITES

Avec un spectromètre à prisme, on mesure des spectres optiques en décomposant dans ses couleurs spectrales la lumière qui traverse le prisme. Cette dispersion s'explique par le fait que l'indice de réfraction du prisme dépend de la longueur d'onde. Elle n'est pas linéaire, aussi est-il nécessaire de procéder à un calibrage pour mesurer des longueurs d'onde avec le spectromètre à prisme.

Dans le spectromètre, la lumière étudiée traverse la fente S pour toucher l'objectif O_1 , qui, avec la fente, forme un collimateur et génère un large faisceau lumineux parallèle (Fig. 1). Après avoir subi une double réfraction à travers le prisme, le faisceau sortant est parallèle, puis centré dans le plan focal de l'objectif O_2 pour former une image de la fente observée à travers l'oculaire OC. Pour cela, la longue-vue formée par l'objectif O_2 et l'oculaire OC est reliée à un bras orientable fixé au vernier N. La double réfraction de la lumière à travers le prisme permet de décrire les angles α_1 , α_2 , β_1 et β_2 (Fig. 2). Pour un prisme équilatéral :

$$(1) \quad \sin \alpha_1 = n(\lambda) \cdot \sin \beta_1(\lambda), \quad n(\lambda) \cdot \sin \beta_2(\lambda) = \sin \alpha_2(\lambda), \quad \beta_1(\lambda) + \beta_2(\lambda) = 60^\circ.$$

On peut modifier l'angle d'entrée α_1 en tournant le prisme dans le faisceau parallèle entrant. Les angles α_2 , β_1 et β_2 dépendent de la longueur d'onde λ , car l'indice de réfraction n dépend de la longueur d'onde.

À partir de l'angle d'entrée α_1 et de l'angle de sortie α_2 , on obtient l'angle de déviation

$$(2) \quad \delta(\lambda) = \alpha_1 + \alpha_2(\lambda) - 60^\circ$$

entre le collimateur et la longue-vue. Il atteint un minimum δ_{\min} , lorsque le rayon est symétrique au prisme. Dans ce cas, la dispersion angulaire $d\delta/d\lambda$ est juste maximale. C'est pourquoi le spectromètre à prisme est ajusté de manière à obtenir un rayon symétrique pour une longueur d'onde de

référence λ_0 . Dans l'expérience, on choisit pour cela la raie spectrale verte ($\lambda_0 = 546,07$ nm) d'une lampe spectrale Hg.

L'angle de déviation minimum permet de déterminer l'indice de réfraction du prisme pour la longueur d'onde de référence. Car, en raison de la symétrie, on a $\beta_1(\lambda_0) = \beta_2(\lambda_0) = 30^\circ$ et $\alpha_2(\lambda_0) = \alpha_1$ et ainsi

$$(3) \quad \sin \alpha_1 = n(\lambda_0) \cdot \frac{1}{2} \quad \text{avec} \quad \alpha_1 = \frac{\delta_{\min}}{2} + 30^\circ.$$

Par la dispersion, les autres raies spectrales sont décalées de petits angles $\Delta\delta$ par rapport à δ_{\min} . Elles sont lues à la minute d'angle près à l'aide du vernier. Comme la modification Δn de l'indice de réfraction est également faible sur toute l'étendue visible, il suffit d'observer les termes linéaires des modifications. Par conséquent, les équations 1 à 3 permettent d'établir le rapport suivant entre la longueur d'onde et la déviation :

$$(4) \quad \Delta\delta(\lambda) = \Delta\alpha_2(\lambda) = \frac{\Delta n(\lambda)}{\cos \alpha_1} = \frac{\Delta n(\lambda)}{\sqrt{1 - \frac{(n(\lambda_0))^2}{4}}}$$

Dans l'étendue visible du spectre, l'indice de réfraction n diminue au fur et à mesure que la longueur d'onde λ augmente. On peut le décrire avec l'équation de Cauchy sous la forme

$$(5) \quad n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}.$$

Les équations (4) et (5) permettent une description mathématique pour une courbe de calibrage. Mais la formule de dispersion de Hartmann convient toutefois mieux.

$$(6) \quad \delta(\lambda) = \delta_H + \frac{K}{\lambda - \lambda_H}$$

avec les paramètres d'adaptation δ_H , K et λ_H , qui n'ont toutefois aucune importance physique particulière.

Dans l'expérience, nous utilisons donc les raies spectrales de la lampe Hg en appliquant (6) pour le calibrage, puis pour mesurer les raies d'un spectre « inconnu » (voir tab. 1).

EVALUATION

À partir de l'équation 3, on obtient l'indice de réfraction $n(\lambda_0)$. Les paramètres de Cauchy de l'indice de réfraction peuvent être calculés dans la représentation $\Delta n = n(\lambda) - n(\lambda_0) = f(1/\lambda^2)$ à partir d'une adaptation des paraboles.

Tab.1: Longitudes de onda de las líneas espectrales del Cd

Denonación	Medición λ / nm	Valor bibliográfico λ / nm
azul (medio)	466	466
azul (fuerte)	468	468
verde azul (medio)	479	480
verde oscuro (fuerte)	509	509
verde oscuro (débil)	515	516
rojo (fuerte)	649	644

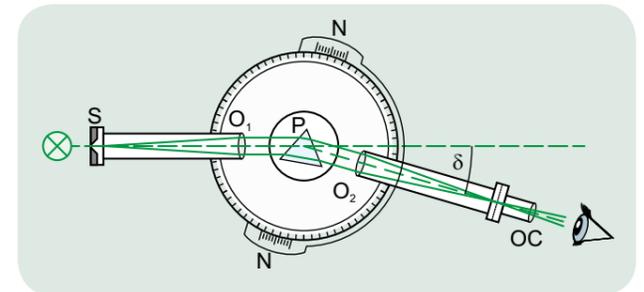
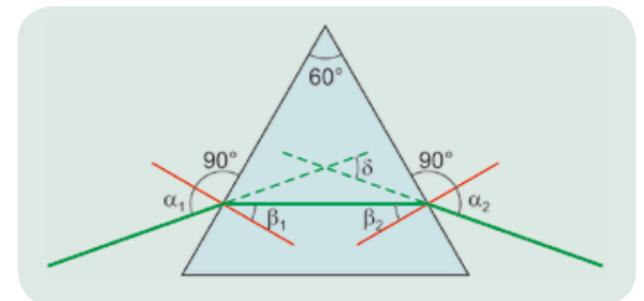

 Fig. 1 : Représentation schématique d'un spectromètre à prisme. S : fente d'entrée, O_1 : objectif du collimateur, P : prisme, O_2 : objectif de la longue-vue, OC : oculaire de la longue-vue, δ : déviation


Fig. 2 : Rayon dans le prisme

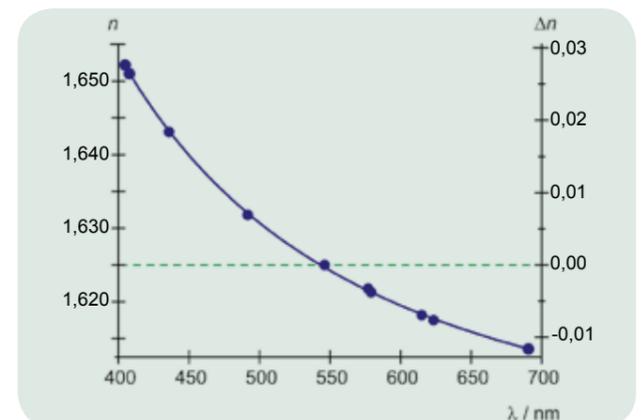


Fig. 3 : Indice de réfraction dépendant de la longueur d'onde du prisme en verre flint

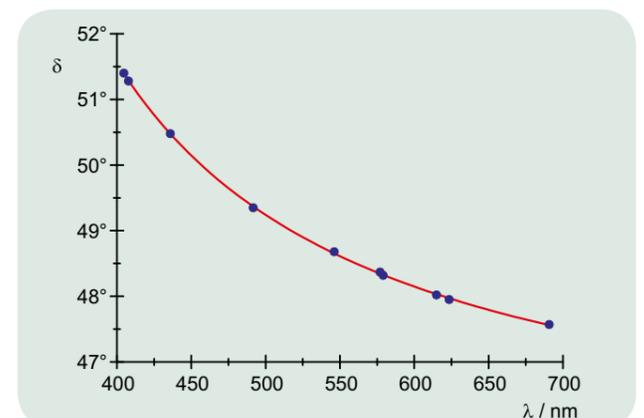


Fig. 4 : Courbe de calibrage du spectromètre à prisme

Vous trouverez les informations techniques sur les appareils sur «3bscientific.com»

2