



OBJETIVO

Instalación y calibración de un espectrómetro de prisma

RESUMEN

En un espectrómetro de prisma se utiliza la descomposición de la luz en sus colores espectrales al pasar a través de un prisma, para medir espectros ópticos. Para la medición de las longitudes de onda se hace necesario realizar una calibración, debido a que ese ángulo de dispersión no es lineal. En el experimento se aplica el espectro "conocido" de una lámpara de Hg y luego se mide el espectro "desconocido" de una lámpara de Cd.

TAREAS

- Ajuste del espectrómetro de prisma y calibración con las líneas espectrales de una lámpara de Hg.
- Medición del ángulo de desviación mínimo con $\lambda = 546,07$ nm.
- Determinación del índice de refracción del vidrio flint con $\lambda = 546,07$ nm así como los parámetros b y c de Cauchy de la dependencia con la longitud de onda del índice de refracción.
- Cálculo de una curva de calibración de acuerdo con la fórmula de dispersión de Hartmann.
- Medición de un espectro de líneas desconocido.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Espectrómetro y goniómetro	1002912
1	Reactancia para lámparas espectrales (230 V, 50/60 Hz)	1003196 ó
	Reactancia para lámparas espectrales (115 V, 50/60 Hz)	1003195
1	Lámpara espectral de Hg / Cd	1003546
1	Lámpara espectral de Hg 100	1003545

FUNDAMENTOS GENERALES

Con un espectrómetro de prisma se miden espectros ópticos, usando la descomposición de la luz en sus colores espectrales al pasar a través un prisma. Esta dispersión se atribuye a la dependencia del índice de refracción del vidrio del prisma con la longitud de onda. Ésta no es lineal, por tanto se hace necesaria una calibración, para poder medir longitudes de onda con el espectrómetro de prisma.

En el espectrómetro, la luz estudiada incide en el objetivo O_1 a través de la rendija S , el cual, junto con la rendija forma un colimador y genera un haz de luz paralelo y ancho (ver Fig. 1). Después de una doble refracción el haz sale del prisma y se concentra en el plano focal del objetivo O_2 formando una una imagen de la rendija, la cual se puede observar a través del ocular OC . Para ello, el telescopio formado por el objetivo O_2 y el ocular OC se encuentran fijos en un brazo girable, el cual está unido al nonio N .

La doble refracción de la luz por el prisma se puede describir por medio de los ángulos $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ y β_2 (ver Fig. 2). Para un prisma de lados iguales se tiene

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

El ángulo de incidencia α_1 se puede variar girando el prisma en el haz paralelo de entrada. Los ángulos α_2, β_1 und β_2 dependen de la longitud de onda λ , porque el índice de refracción n depende de la longitud de onda.

Del ángulo de entrada α_1 y del ángulo de salida α_2 se obtiene el ángulo de desviación

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

entre el colimador y el telescopio. Éste llega a un mínimo δ_{min} , cuando el paso del rayo transcurre simétricamente al prisma. Entonces la dispersión angular $d\delta/d\lambda$ es justamente máxima. Por ello, el

espectrómetro de prisma se ajusta de tal forma que se logre el paso de rayo simétrico para una longitud de onda de referencia λ_0 . En el experimento se toma la línea espectral verde ($\lambda_0 = 546,07$ nm) de una lámpara espectral de Hg.

A partir del ángulo de desviación mínimo se puede determinar el índice de refracción del prisma para una longitud de onda de referencia. Entonces, debido a la simetría, es válido que $\beta_1(\lambda_0) = \beta_2(\lambda_0) = 30^\circ$ y $\alpha_2(\lambda_0) = \alpha_1$ y por lo tanto

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

Debido a la dispersión, las otras líneas espectrales están desplazadas en un pequeño ángulo $\Delta\delta$ con respecto a δ_{min} . Estos se pueden leer en el nonio con una exactitud de hasta de minutos de ángulo. Como además la variación Δn del índice de refracción es pequeña en todo el espectro visible, es suficiente considerar solamente los términos lineales de la variación. Por lo tanto, de las Ecs. 1 – 3 se obtiene la siguiente relación entre la longitud de onda y la desviación:

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

En la parte visible del espectro el índice de refracción disminuye al aumentar la longitud de onda λ . Esto se puede describir por medio de la ecuación de Cauchy en la forma:

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

De (4) y (5) se puede obtener en principio una descripción matemática para una curva de calibración. Más apropiada, sin embargo, es la fórmula de Hartmann para la dispersión:

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

con los parámetros de adaptación δ_H, K y λ_H , los cuales, en su caso, no tienen ningún significado físico especial.

En el experimento se recurre a las líneas espectrales de una lámpara espectral de Hg, aplicando (6) para la calibración y a continuación se miden las líneas de un espectro "desconocido" (ver Tabla 1).

EVALUACIÓN

De la Ec. 3 sigue el índice de refracción $n(\lambda_0)$. Los parámetros de Cauchy para el índice de refracción se pueden calcular a partir de una adaptación parabólica en la representación $\Delta n = n(\lambda) - n(\lambda_0) = f(1/\lambda^2)$.

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

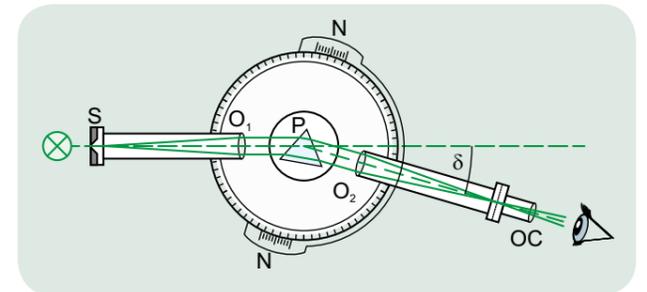


Fig. 1: Representación esquemática de un espectrómetro de prisma. S: Rendija de entrada, O_1 : Objetivo del colimador, P: Prisma, O_2 : Objetivo del telescopio, OC: Ocular del telescopio, δ : Desviación

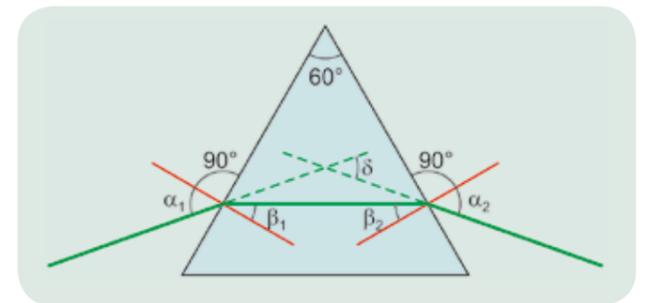


Fig. 2: Recorrido del rayo en el prisma

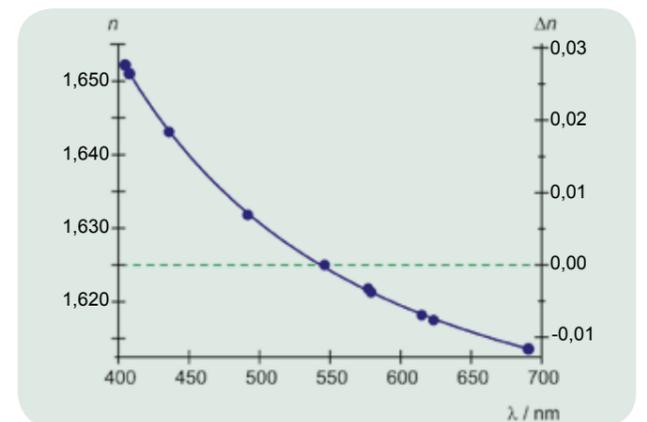


Fig. 3: Índice de refracción dependiente de la longitud de onda del prisma de vidrio flint

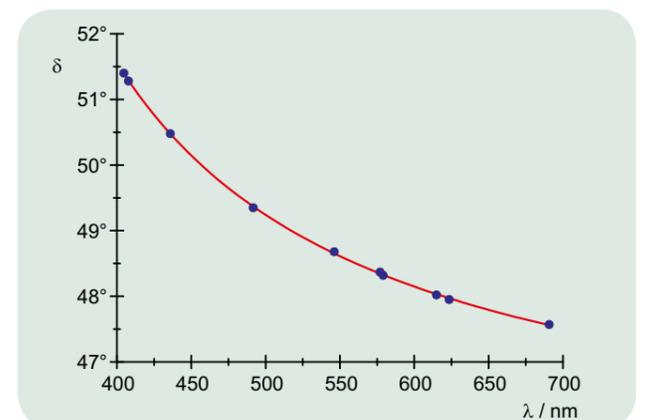


Fig. 4: Curva de calibración del espectrómetro de prisma

Informaciones técnicas de los aparatos encuentra Ud. en 3bscientific.com

