

Práctica 4

Propiedades ópticas

1.- Objetivo:

Comprender el funcionamiento del espectro-goniómetro y calcular el índice de refracción de un prisma de vidrio.

2.- Fundamento teórico.

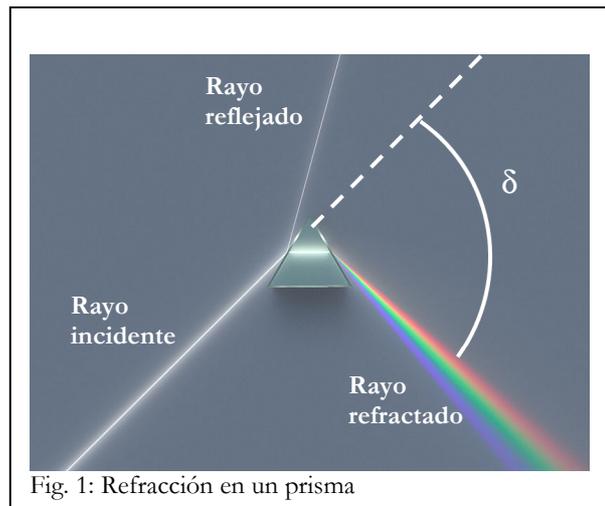
Cada prisma está caracterizado por un ángulo (α), conocido como ángulo de refringencia o ángulo del prisma. Este ángulo puede hallarse midiendo la diferencia de ángulo entre los rayos reflejados por dos caras del prisma.

Si también conozco el ángulo de desviación mínima del prisma (δ), esto es el ángulo para el cual el rayo en el interior del prisma es paralelo a su base, se puede demostrar, a partir de la ley de Snell para la refracción de la luz entre dos medios

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t, \quad (1)$$

(con n_i el índice de refracción del medio desde el que incide el rayo, θ_i el ángulo de incidencia respecto a la normal de la superficie que separa los medios, n_t el índice de refracción del medio al que se transmite el rayo y θ_t el ángulo refractado respecto a la normal) y un poco de geometría (ver apéndice) se puede calcular el índice de refracción del prisma a partir de la expresión

$$n_{prisma} = \frac{\sin[(\alpha+\delta)/2]}{\sin(\alpha/2)} \quad (2)$$



3.- Material necesario

- Prisma de vidrio
- Espectrogoniómetro
- Transformador y lámpara de sodio

3.1.- Funcionamiento del espectrogoniómetro

El espectrógoniómetro (Figuras 2 y 3) se compone de un colimador (C), una fuente luminosa (F) (en nuestro caso una lámpara de sodio, de luz amarilla), un anteojo (A) y una plataforma giratoria (P), unida a los soportes de los otros elementos.

La principal función de este instrumento es medir ángulos con gran precisión. Para ello debemos alinear el anteojo con el colimador, de forma que veamos la luz amarilla. A

continuación, colocamos el prisma, buscamos el rayo reflejado/refractado y medimos la distancia en grados desde la posición inicial hasta la que nos permita ver el rayo sobre la escala disponible junto a la plataforma (esta escala permite apreciar hasta décimas de grado mediante el nonio). Mediante este procedimiento podemos realizar todas las mediciones necesarias para realizar la experiencia.

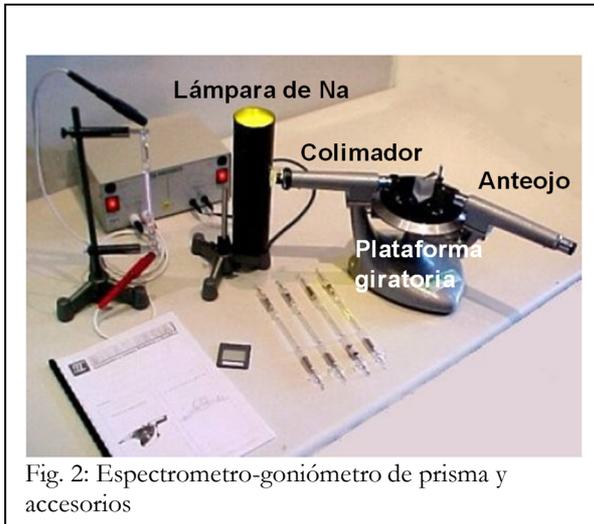


Fig. 2: Espectrometro-goniómetro de prisma y accesorios

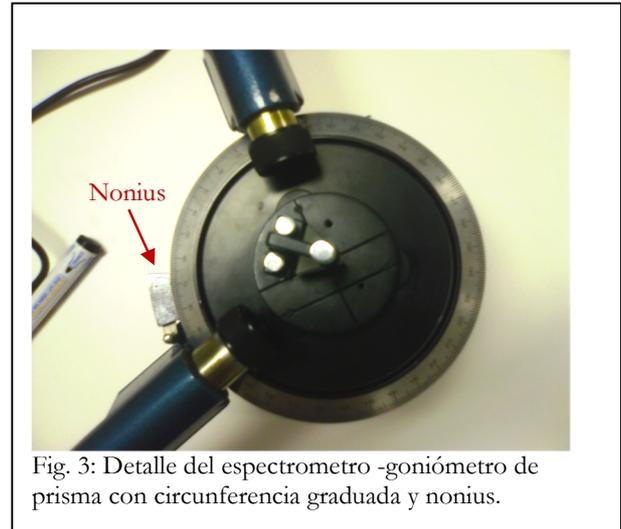


Fig. 3: Detalle del espectrometro-goniómetro de prisma con circunferencia graduada y nonio.

4.- Desarrollo de la experiencia

En primer lugar, medimos y anotamos los ángulos en los que se encuentran las diferentes líneas espectrales de la lámpara de sodio haciendo coincidir la cruz negra del objetivo con cada una de ellas y tomando la lectura del semicírculo graduado con el nonio. Repetir tres veces y calcular el valor medio y su error. Para comprobar que estamos midiendo el ángulo mínimo de refracción, podemos girar la plataforma (hay que soltarla de su tornillo de fijación y mantener el anteojo fijo). Cuando estemos en el mínimo, el espectro observado se moverá siempre al mismo lado independientemente de la dirección en la que giremos el prisma.

Después, en la posición del mínimo y con la plataforma fija, quitamos el prisma y buscamos con el anteojo el rayo directo que viene del colimador, anotando también la posición angular. La diferencia con los valores anteriores es la desviación mínima (δ) del espectro al pasar por el prisma. Repetir tres veces y calcular el valor medio y su error.

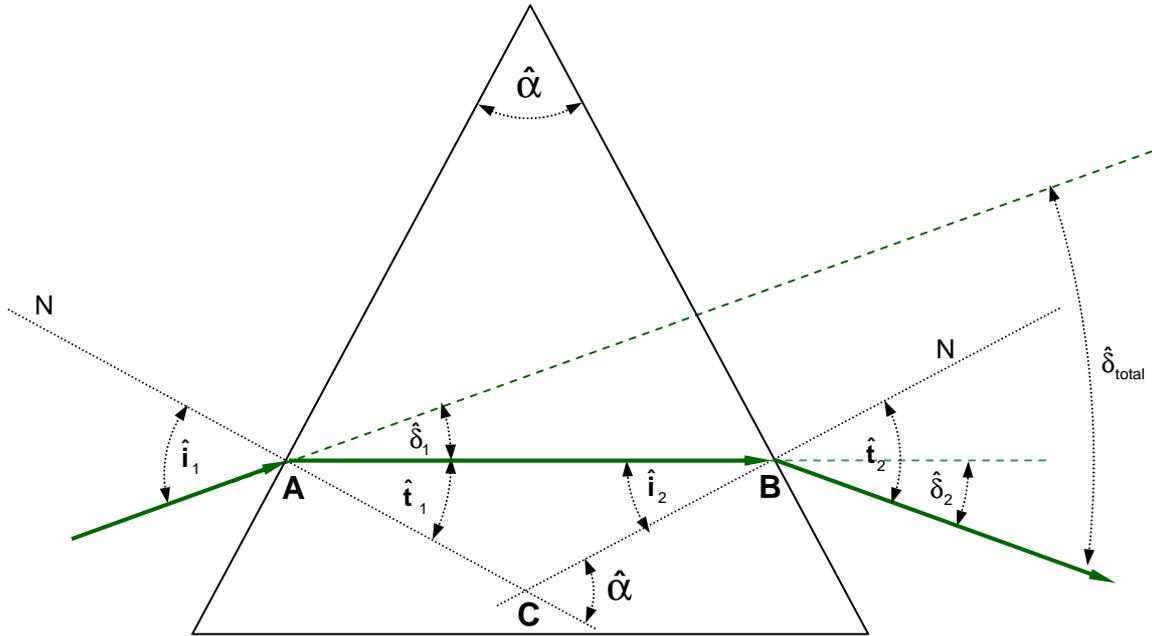
A continuación, medimos el ángulo del prisma. Para ello, volvemos a colocar el prisma (en la misma posición que anteriormente) y movemos el anteojo hasta alinearlo con el **rayo reflejado** en una de las caras y anotamos la posición angular visible en la referencia de la escala. Entonces fijamos la posición del anteojo, liberamos la plataforma y la giramos hasta que el nuevo rayo reflejado en la segunda cara sea visible por el anteojo. Anotamos la nueva posición angular de la plataforma. La diferencia entre los dos valores angulares ($\angle\theta$) está relacionada con el ángulo del prisma mediante

$$\alpha = 180 - \angle\theta. \quad (2)$$

Determinarlo tres veces de forma independiente y calcular su valor medio y su error.

Una vez determinados el ángulo de desviación mínima y el ángulo del prisma con su error, calcular el índice de refracción del prisma, usando la ecuación 2, para las diferentes longitudes de onda con su error.

APÉNDICE: Deducción de la ecuación (1) para el índice de refracción del prisma



Consideraciones a tener en cuenta:
El prisma es isósceles y el rayo interior es paralelo a la base.

1ª Refracción:	$\hat{i}_1 = \hat{t}_1 + \hat{\delta}_1$	(1)
2ª Refracción:	$\hat{i}_2 = \hat{t}_2 - \hat{\delta}_2$	(2)
Ambas refracciones:	$\hat{\delta}_{total} = \hat{\delta}_1 + \hat{\delta}_2$	(3)
Triángulo ABC:	$\hat{t}_1 + \hat{i}_2 = \hat{\alpha}$	(4)
Por simetría:	$\hat{t}_1 = \hat{i}_2 \quad \text{e} \quad \hat{i}_1 = \hat{t}_2$	(5)
Aplicando (5) en (1) y (2):	$\hat{i}_1 = \hat{i}_2 + \hat{\delta}_1 \quad \text{e} \quad \hat{i}_2 = \hat{i}_1 - \hat{\delta}_2$	(6)
Resolviendo el sistema (6):	$\hat{\delta}_1 = \hat{\delta}_2$	(7)
Aplicando (7) en (3):	$\hat{\delta}_{total} = 2\hat{\delta}_2 \rightarrow \hat{\delta}_2 = \hat{\delta}_{total}/2$	(8)
Aplicando (5) en (4):	$2\hat{i}_2 = \hat{\alpha} \rightarrow \hat{i}_2 = \hat{\alpha}/2$	(9)
Aplicando Snell a la 2ª refracción:	$n \cdot \text{sen} \hat{i}_2 = 1 \cdot \text{sen} \hat{t}_2$	(10)
Aplicando (2) en (10):	$n \cdot \text{sen} \hat{i}_2 = \text{sen}(\hat{i}_2 + \hat{\delta}_2)$	(11)
Aplicando (9) y (8) en (11):	$n \cdot \text{sen}(\hat{\alpha}/2) = \text{sen}\left[(\hat{\alpha}/2) + (\hat{\delta}_{total}/2)\right]$	(12)
Despejando n en (12):	$n = \frac{\text{sen}\left[(\hat{\alpha}/2) + (\hat{\delta}_{total}/2)\right]}{\text{sen}(\hat{\alpha}/2)}$	