

## Objetivos

Medir el espectro emitido por una lámpara de sodio utilizando redes de difracción. Determinar los límites del espectro visible usando una fuente de luz blanca.

## Introducción

Una red de difracción es una estructura repetitiva que se utiliza para introducir una perturbación periódica en un frente de onda. Entre las configuraciones más sencillas se encuentra la red plana de transmisión formada por una serie de rendijas idénticas y equiespaciadas.

Si un frente de ondas plano incide sobre una red y observamos la difracción de Fraunhofer en una pantalla alejada, la distribución de intensidad la podemos expresar por

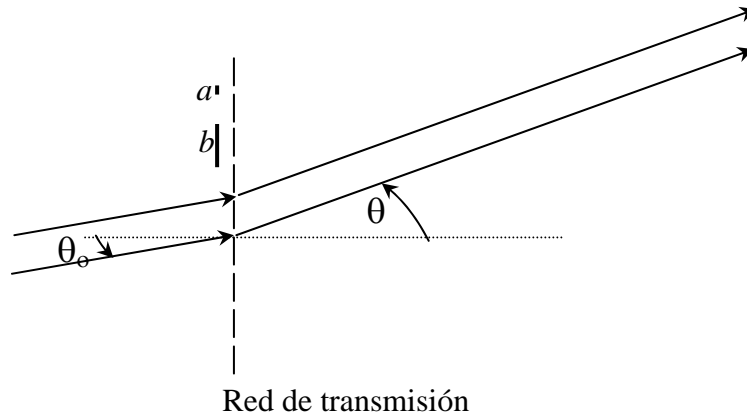
$$I = I_0 \left( \frac{\text{sen}\beta}{\beta} \right)^2 \left( \frac{\text{sen}(N\alpha)}{\alpha} \right)^2 \quad (1)$$

con

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\pi a}{\lambda} (\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_0) \\ \alpha &= \frac{\pi b}{\lambda} (\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_0) \end{aligned} \quad (2)$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda,  $\theta_0$  es el ángulo que forma el haz incidente con la red,  $\theta$  es el ángulo que forma el haz que estamos observando sobre la pantalla,  $a$  es el ancho de cada una de las rendijas y  $b$  es la separación entre rendijas.

El primer factor entre paréntesis en la ecuación (1) está referido a la *difracción* producida por cada rendija presente en la red, mientras que el segundo factor proviene de la *interferencia* entre las  $N$  rendijas de la red (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema de la geometría de una red de transmisión.

Al variar  $\theta$ , esta intensidad irá cambiando haciéndose máxima o mínima (cero) para valores específicos de  $\alpha$  y  $\beta$  determinando una serie de *máximos principales* en la pantalla de observación (existen máximos secundarios mucho menos intensos entre los máximos principales). A su vez cada rendija produce sobre la pantalla el patrón de difracción característico de una rendija. El resultado de esta combinación es la interferencia de las múltiples rendijas modulada por la figura de difracción. Dado que en este caso la campana central de difracción es mucho más ancha que la separación entre los máximos de interferencia, *los órdenes que usualmente se ven con una red son los provenientes de la interferencia producida por las  $N$  rendijas*. Si nos concentramos entonces en el factor de interferencia encontramos que se hace máximo cuando se cumple que

$$\alpha = m\pi \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \qquad (3)$$

$m$  se denomina orden de interferencia. Reemplazando en la expresión de  $\alpha$  resulta que:

$$\text{sen}\theta_m - \text{sen}\theta_0 = m \frac{\lambda}{b} \quad (4)$$

donde el ángulo  $\theta_m$  corresponde al máximo de interferencia  $m$ . Esta expresión se denomina *ecuación de la red* [1].

Nota: Si el haz incidente no es monocromático, esta expresión vale para cada longitud de onda presente en el haz.

Pensar cómo es la relación entre el ángulo y la longitud de onda, es decir, a mayor longitud de onda, ¿la desviación del haz será mayor o menor?

Analizar cómo es la distribución de los máximos cuando la incidencia es normal ( $\theta_0 = 0$ ) y cuando no lo es ( $\theta_0 \neq 0$ ).

## **Experimental**

### **A) Medición del espectro de emisión de una lámpara de sodio con una red de difracción por transmisión y por reflexión**

Como se dijo anteriormente, las redes de difracción permiten separar las distintas longitudes de onda que componen un haz de luz. Dado que cada elemento químico puede emitir o absorber una serie de longitudes de ondas electromagnéticas características, instrumentos denominados espectrómetros emplean redes de difracción para analizar las longitudes de onda que caracterizan cada elemento.

En esta práctica se hallarán las longitudes de onda emitidas por la lámpara de sodio utilizando para ello una red de difracción por transmisión y un goniómetro (instrumento que se utiliza para medir ángulos).

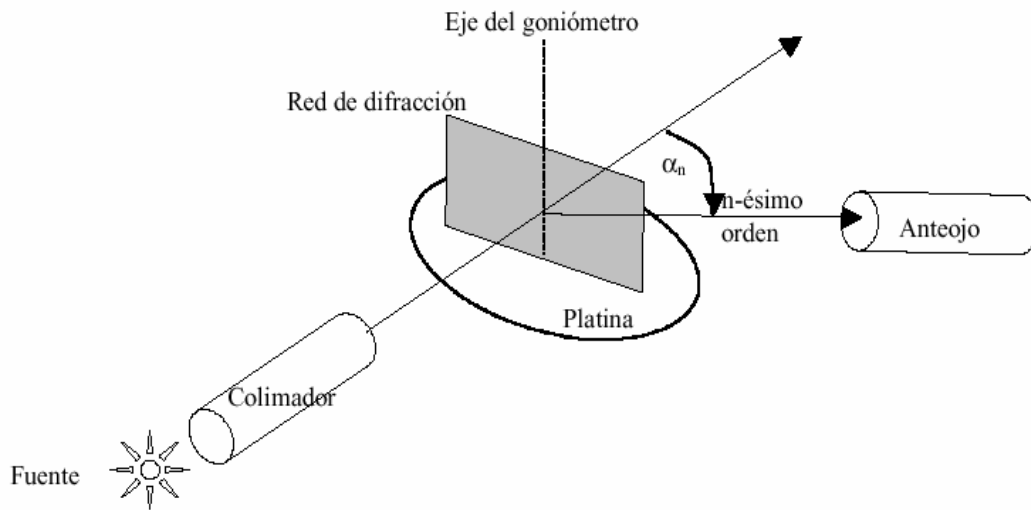
Los pasos importantes a seguir en esta experiencia son los siguientes:

- 1) Ajuste del goniómetro (ver apéndice).

- 2) Ubicación correcta de la red en el goniómetro (ver apéndice). En la Figura 2 se muestra el dispositivo a montar. La red se coloca sobre la platina de modo que ésta quede perpendicular al haz incidente y **bien centrada**, es decir que el haz debe incidir con ángulo cero respecto a la normal a la red ( $\theta_0 = 0$ ). ¿Por qué? Si así no fuera, ¿qué precaución se debería tomar antes de hacer las cuentas?

Para asegurarse incidencia normal se ubica el anteojo enfrentando al colimador y se lee la posición angular ( $L_0$ ), luego se buscan los máximos correspondientes al máximo orden de interferencia visible. Primero hacia un lado (por ej. derecho) y luego hacia el otro (izquierdo) registrando los ángulos correspondientes. Si la desviación respecto de  $L_0$ , correspondiente a un mismo orden de interferencia, es la misma hacia ambos lados se puede considerar que la red está ubicada en forma perpendicular al haz incidente (justifique porque ésta afirmación es válida). De no ser así gire la platina levemente y vuelva a determinar la desviación de los máximos hacia ambos lados hasta que las observaciones coincidan.

- 3) Mediciones, cálculos y gráficos. Conociendo la periodicidad de la red (15000 líneas por pulgada, 1 pulgada = 2,54 cm) y midiendo los ángulos de los distintos máximos de interferencia se pueden calcular las longitudes de onda presentes en la lámpara de sodio a partir de la ecuación de la red (4). ¿Cuántas longitudes de onda se esperan ver? ¿Corresponden todas al sodio?
- 4) En la lámpara de sodio hay presentes dos longitudes de onda correspondientes al amarillo. Éstas son muy cercanas e intensas y no es posible resolverlas en el primer orden de interferencia. ¿A partir de qué orden se puede apreciar el doblete del sodio? Intentar medirlo y comparar con los valores tabulados.



**Figura 2.** Esquema del dispositivo experimental utilizado para medir el espectro de una fuente luminosa con una red de difracción.

- 5) Hallar las longitudes de onda del espectro de la lámpara de sodio usando una red de difracción por reflexión. ¿Cómo habrá que ubicarla en este caso y qué consideraciones hay que tener en cuenta para hallar las longitudes de onda?

### **B) Determinación de los límites del espectro visible usando una lámpara de luz blanca**

Con el mismo dispositivo reemplazar la lámpara de sodio por una lámpara de luz blanca y observar el espectro.

- 1) ¿Es muy distinto al observado en la lámpara de sodio? ¿A qué se debe la diferencia?
- 2) Hallar las longitudes de onda de los límites que percibe usando tanto la red de difracción por transmisión como por reflexión.

## Referencias

[1] E. Hecht, *Óptica*, Ed. Addison Wesley, Capítulo 10 (1998).

## Apéndice. Ajuste del goniómetro

El goniómetro consta de una platina giratoria solidaria a un limbo graduado sobre la cual se coloca la red, de un colimador para crear un haz incidente de rayos paralelos, y de un anteojo que permite llevar el plano de observación al infinito. Dicho anteojo es móvil y posee un *vernier* para medir el ángulo de giro sobre el limbo graduado. Además, el anteojo tiene un retículo en forma de cruz que permite definir mejor las posiciones que se miden.

Antes de medir, el dispositivo debe ser ajustado para trabajar bajo las condiciones de difracción de Fraunhofer e incidencia normal. Para ello se debe enfocar el colimador y el anteojo. Primero se enfoca el anteojo mirando un objeto distante (enfoque a infinito) desplazando el ocular del tubo. Luego se enfoca el colimador enfrentándolo al anteojo y desplazando la rendija que se halla adherida a él hasta obtener una imagen nítida de ella.

A continuación se debe ubicar la red paralela al eje del goniómetro y aproximadamente perpendicular al haz colimado. La red se encuentra paralela al eje cuando la imagen de la rendija a través de la red se halle centrada y paralela al eje vertical del retículo. Para lograr posicionarla correctamente la platina cuenta con tres tornillos de nivelación.