

Interferencia: Redes de difracción

Objetivos

Se propone medir el espectro emitido por una lámpara de sodio utilizando redes de difracción. Se propone también determinar los límites del espectro visible usando una fuente de luz blanca.

Redes de difracción

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:

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

donde $\beta = (\pi a/\lambda)(\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_o)$; $\alpha = (\pi b/\lambda)(\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_o)$, λ es la longitud de onda., θ_o es el ángulo que forma el haz incidente con la red y θ es el ángulo que forma el haz que estamos observando sobre la pantalla.

El primer factor entre paréntesis está referido a la *Difracción* producida por cada rendija de ancho a presente en la red. El segundo factor proviene de la *Interferencia* entre las N rendijas de la red, las cuales se hallan separadas por una distancia b . Ver Figura 1.

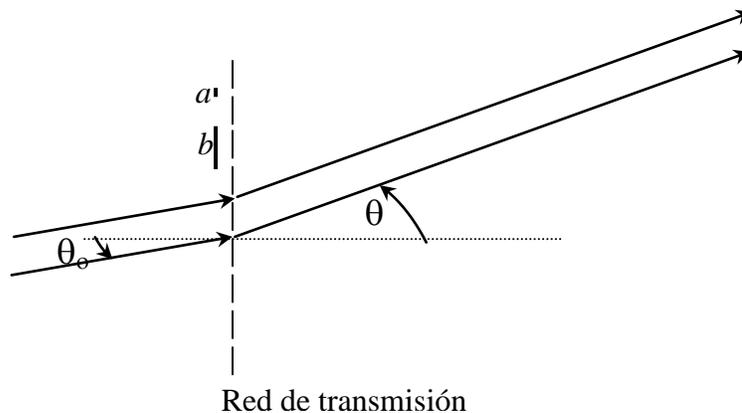


Figura 1: Esquema de la geometría de una red de transmisión.

Al variar θ esta intensidad irá cambiando haciéndose máxima o mínima (cero) para valores específicos de α y β 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 mas 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:

$$\alpha = \mathbf{m} \pi \qquad \mathbf{m} = 0, \pm 1, \pm 2$$

\mathbf{m} se denomina orden de interferencia. Reemplazando en la expresión de α resulta que:

$$\text{sen } \theta_m - \text{sen } \theta_0 = \mathbf{m} \lambda / b \quad (2)$$

donde el ángulo θ_m correspondiente al máximo de interferencia \mathbf{m} . Esta expresión se denomina **ecuación de la red**.

Nota: si el haz incidente no es monocromático, esta expresión vale para cada longitud de onda presente en el haz. Piense como 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 ($\theta_0 \neq 0$).

Medición del espectro de emisión de una lámpara de sodio con una red de transmisión

Como hemos visto 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 medirán las longitudes de onda emitidas por la lámpara de sodio utilizando para ello una red de transmisión y un goniómetro (instrumento que se utiliza para medir ángulos).

Los pasos importantes a seguir en esta experiencia son:

- 1) Calibración de goniómetro. (En el Apéndice se describen los pasos)
- 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 esta 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 que precaución debo tomar antes de hacer las cuentas?

- 3) Mediciones, cálculos y gráficos. Conociendo la periodicidad de la red calcular las longitudes de onda presentes en la lámpara de Sodio a partir de la ecuación de la red (2). ¿Cuántas longitudes de onda espera ver? ¿Corresponden todas al sodio?
- 4) En la lámpara de sodio hay presentes dos longitudes de onda correspondientes al amarillo. Estas son muy cercanas e intensas y no es posible resolverlas en el primer orden de interferencia. A partir de que orden puede apreciar el doblete del Sodio? Intente medirlo.

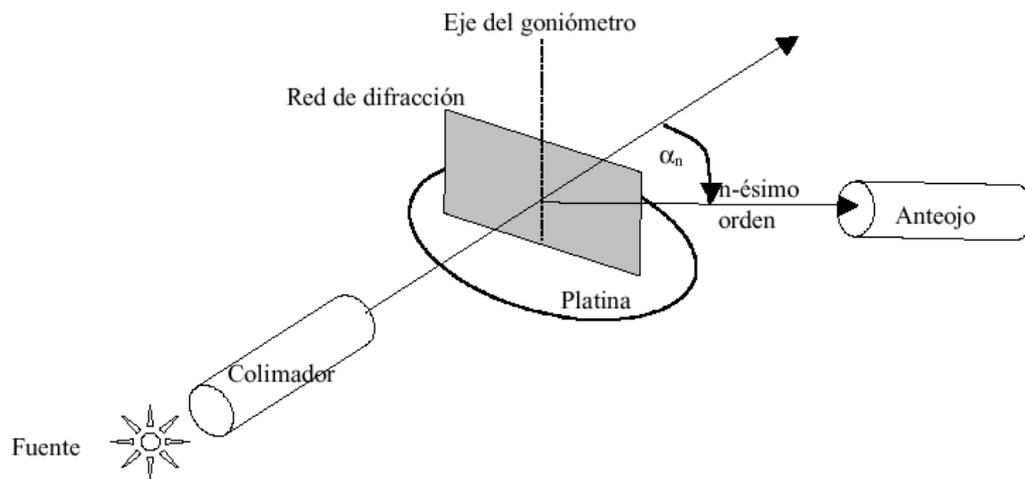


Figura 2: Esquema del dispositivo experimental para medir el espectro de una fuente luminosa con una red de difracción

Determinación de los límites del espectro visible usando una lámpara de luz blanca

Con el mismo dispositivo reemplace la lámpara de Sodio por una lámpara de luz blanca y observe el espectro.

- 1) ¿Es muy distinto al observado en la lámpara de Sodio? ¿a que se debe la diferencia?
- 2) Mida las longitudes de onda de los límites que percibe

Apéndice1: Calibración del goniómetro

El goniómetro consta de una platina giratoria solidaria a un limbo graduado, sobre la cual se coloca la red. Un colimador, para crear un haz incidente de rayos paralelos, y un anteojo que permite llevar el plano de observación al infinito, el anteojo es móvil y posee un vernier para medir el ángulo de giro sobre el limbo graduado. 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 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.

Apéndice 2: Redes de Reflexión.

Una red de reflexión consta de una serie de surcos hechos sobre una superficie metálica y opera en forma similar a las redes de transmisión. La mayoría de ellas están construidas de modo tal que el máximo del pico de difracción no coincide con el orden cero de interferencia. De este modo se logra que la mayor intensidad de luz (máximo principal de difracción) esté dirigida hacia órdenes superiores de interferencia donde la red tiene mayor poder resolvente. Este tipo de construcción recibe el nombre de resplandor (*blaze*).

Con estas redes es mejor trabajar con incidencia oblicua (casi rasante) para poder observar mejor los distintos órdenes de interferencia.

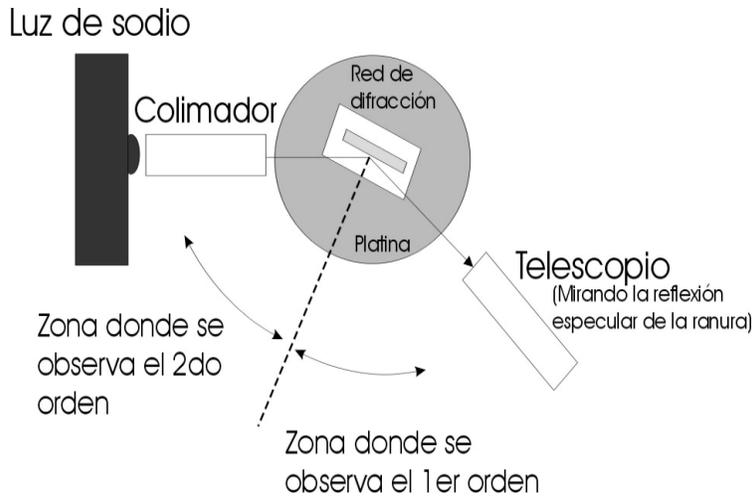
La ecuación para este tipo de redes es la misma que para las redes de transmisión:

$$b (\text{sen}\theta_m - \text{sen}\theta_i) = m\lambda$$

*Dado que se trabaja con incidencia oblicua es muy importante medir bien el ángulo de incidencia. **Todas** las mediciones de los ángulos se realizan con el vernier.*

Una forma para fijar los ángulos del goniómetro en una posición de referencia conocida, es colocando el ángulo cero de la platina coincidiendo con el haz de incidencia. Esto se logra mirando la ranura del colimador con el telescopio y sabiendo que en esta posición, el colimador y el telescopio forman un ángulo de 180°. Mueva la platina hasta hacer coincidir el 180 de la misma con el cero del vernier del telescopio. Coloque la red teniendo cuidado que quede bien centrada en la platina y de modo tal de lograr un ángulo

de incidencia bastante grande (no menor a 65°). Calcule a partir de la medición del ángulo de orden cero, la posición de la normal. Mida los ángulos de cada orden y cada longitud de onda y calcule los λ .



Nomenclatura:

- El ángulo de incidencia se considera positivo.
- De la normal hacia el orden cero los ángulos de los órdenes son positivos
- De la normal hacia el incidente los ángulos de los órdenes son negativos

De este modo θ_{-1} , θ_0 y θ_1 son positivos. θ_{-1} y θ_{-2} son negativos. El signo negativo que puede dar la diferencia de los senos de los ángulos queda siempre compensada con el signo de m .

