

Redes de Difracción

1. Objetivo

Se propone estudiar una red de difracción midiendo el espectro emitido y su poder de resolución con distintas longitudes de onda.

2. 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:

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

donde $\beta = (\pi a/\lambda)(\sin\theta - \sin\theta_0)$; $\alpha = (\pi b/\lambda)(\sin\theta - \sin\theta_0)$, λ es la longitud de onda, θ_0 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, de la ecuación (1), 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.

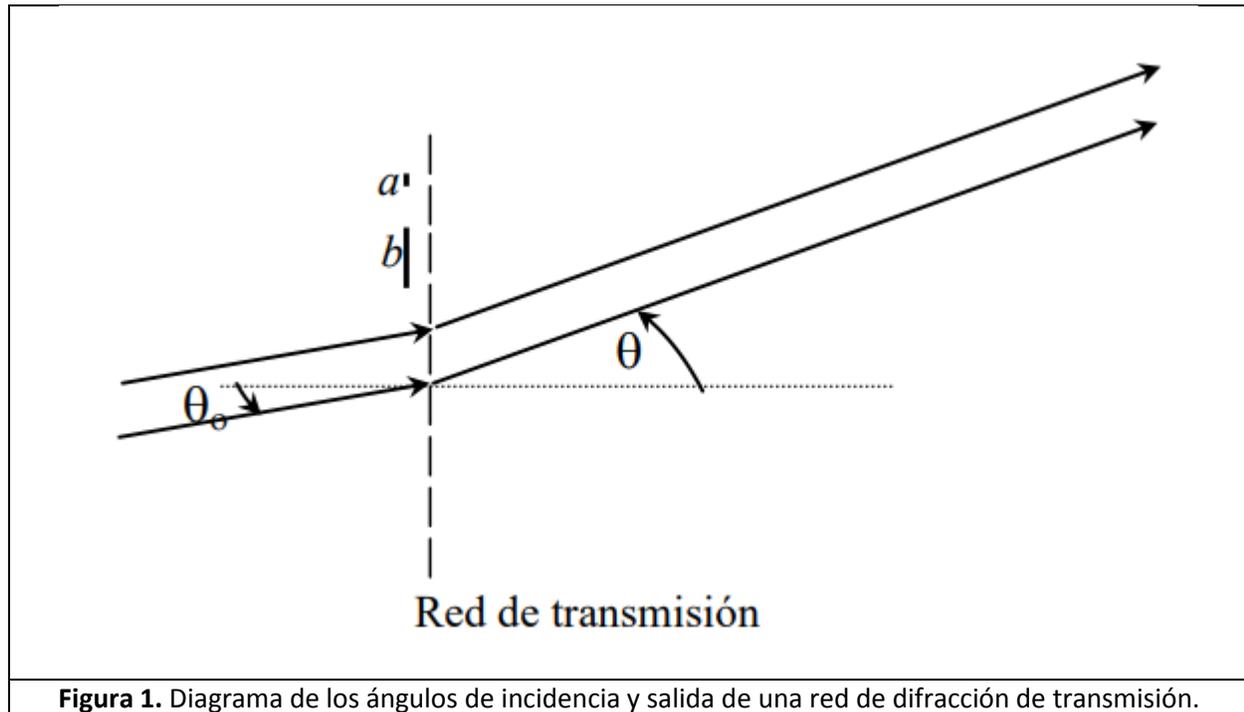


Figura 1. Diagrama de los ángulos de incidencia y salida de una red de difracción de transmisión.

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 (ver figura 2). 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:

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

donde m se denomina orden de interferencia. Reemplazando en la expresión de α resulta que:

$$\sin\theta - \sin\theta_0 = m\lambda/b \quad (3)$$

donde el ángulo θ_m corresponde al máximo de interferencia m . Esta expresión se denomina **ecuación de la red**. Notar que, si el haz incidente no es monocromático, esta expresión vale para cada longitud de onda presente en el haz. ¿Qué pasará entonces con los máximos de interferencia para cada longitud de onda incidente?

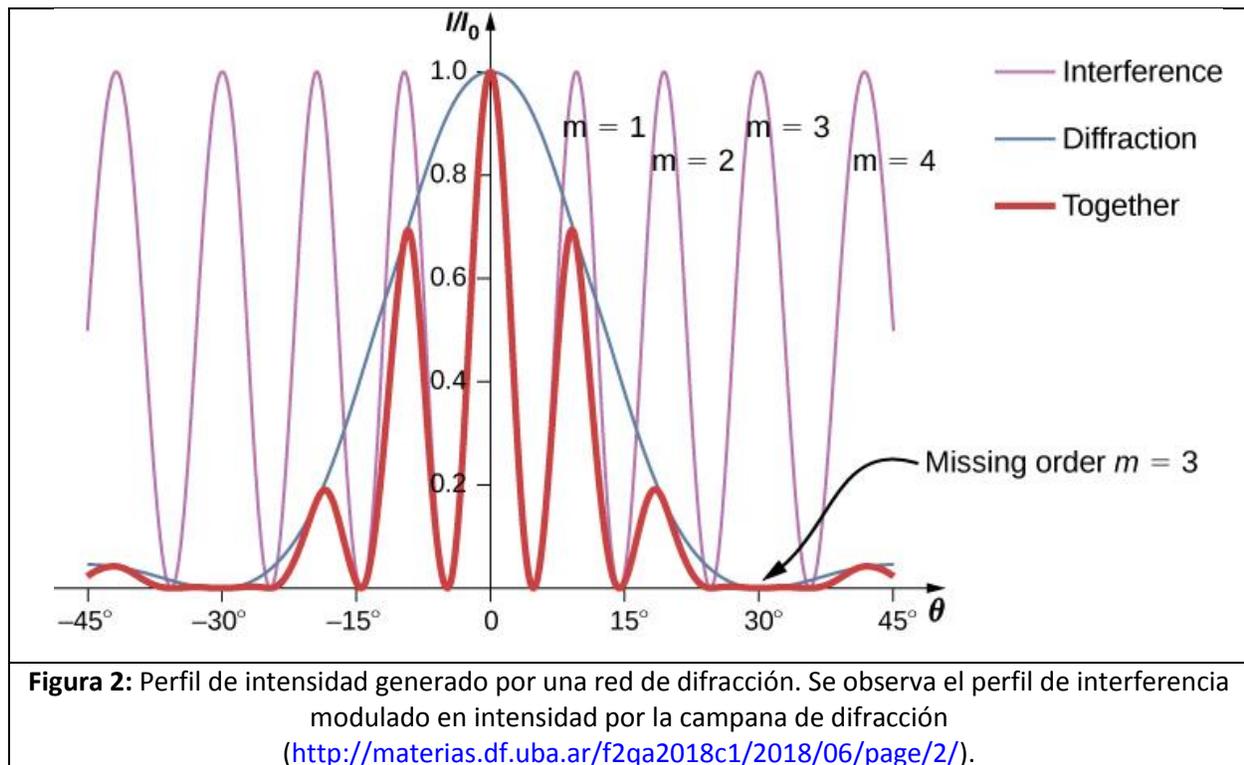


Figura 2: Perfil de intensidad generado por una red de difracción. Se observa el perfil de interferencia modulado en intensidad por la campana de difracción (<http://materias.df.uba.ar/f2qa2018c1/2018/06/page/2/>).

3. Actividades – Dispositivo y mediciones

Para realizar la práctica de difracción se utilizará un applet de **oPhysics** (<https://ophysics.com/l5b.html>). El mismo permite variar la distancia de la pantalla a la red, la densidad de líneas por mm y la longitud de onda del haz incidente. Además, cuenta con una regla que permite ubicar la posición de los máximos de interferencia sobre la pantalla. En la figura 3 se observa una captura de pantalla del simulador.

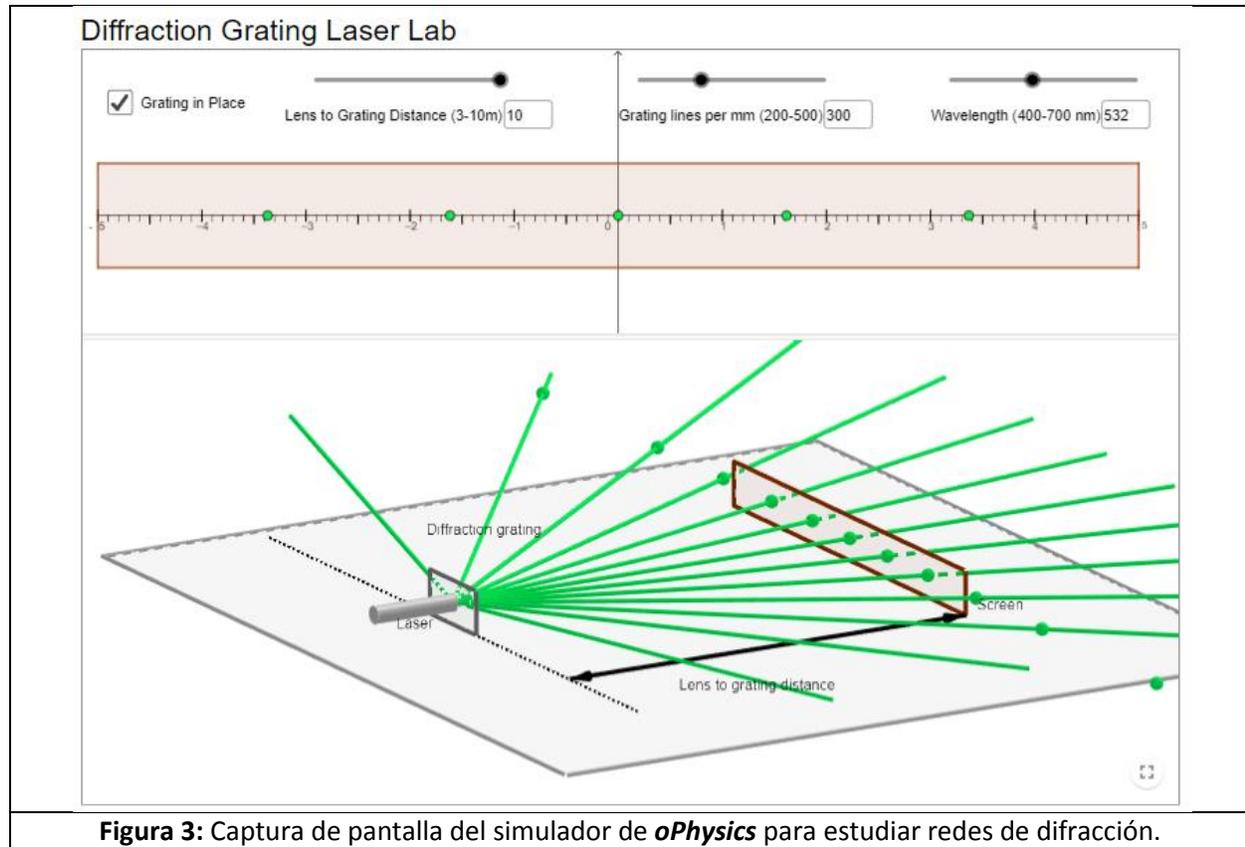


Figura 3: Captura de pantalla del simulador de *oPhysics* para estudiar redes de difracción.

Actividades

- Elegir una longitud de onda, la distancia **máxima** de la pantalla, L (*Lens to Grating Distance*) y un número de **líneas/mm** en la red de difracción (*Grating lines per millimeter*).
- Recuerde que la distancia entre rendijas $b = 1\text{mm}/\#\text{líneas}$ (*grating lines*)
- Registrar la posición de los máximos de interferencia, y_m , sobre la regla del simulador que está en metros. Con la rueda del *mouse* sobre la regla puede cambiar el zoom de la misma. Pensar cuál es la mejor manera para medir dichas posiciones.

- **Observación:** la **ecuación de la red** (para el caso particular de $\theta_0 = 0$) se puede reescribir como:

$$y_m = \frac{m\lambda}{b} \sqrt{y_m^2 + L^2}$$

donde L , es la distancia de la red de difracción a la pantalla.

No se puede usar la aproximación paraxial ($\sin\theta \approx \text{tg}\theta \approx y_m/L$) ¿Por qué?

- Grafique y_m en función de $\frac{m}{b} \sqrt{y_m^2 + L^2}$, donde m es el orden de interferencia. ¿Qué se obtiene de la pendiente? Compare con el valor de la simulación elegido.
- Repita la misma medición y el mismo ajuste para la longitud de onda más cercana a la elegida en el punto anterior, de forma tal que el patrón de interferencia se pueda distinguir del caso elegido en el ítem anterior (poder de resolución de la red de difracción).
- ¿Se podría utilizar esta red de difracción para distinguir el doblete de una lámpara de sodio?

4. Referencias

- [1] S. Gil y E. Rodríguez, Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías, Prentice Hall, Buenos Aires (2001) (www.fisicarecreativa.com) y referencias citadas.
- [2] E. Hecht, Óptica, Ed. Addison Wesley, 3° ed., Capítulo 8 (1998).