

Guía 5: Difracción

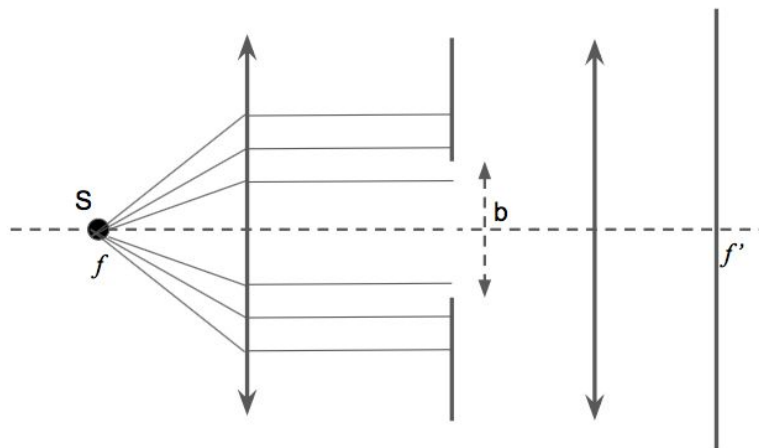
A. Una rendija

- 1) Para un haz de luz de longitud de onda λ que incide en forma normal sobre una placa con una rendija de ancho b , la intensidad observada sobre una pantalla lejana en función del ángulo respecto del eje óptico sigue la expresión

$$I(\theta) = I_o \left(\frac{\text{sen}\beta}{\beta} \right)^2$$

$$\beta = \frac{\pi b}{\lambda} \text{sen}\theta$$

- a) Halle los máximos y mínimos de la intensidad y haga un gráfico de intensidad en función de $\text{sen}(\theta)$
- 2) Considere la figura de difracción de Fraunhofer producida por una rendija de ancho 0.45 mm ubicada entre 2 lentes convergentes de distancias focales $f=40$ cm y centradas en el eje óptico del sistema. La fuente puntual que emite en $\lambda = 546.1$ nm se coloca en el foco de la primer lente



- a) Encuentre la distancia entre el máximo principal y el primer mínimo de la figura de difracción formada en el plano focal de la lente.
- b) Encuentre la distancia entre el máximo principal y el primer máximo secundario ($\beta \approx 3 \pi/2$)

Resp. a) 0.48 mm; b) 0.73 mm

- 3) Una ranura de ancho d se coloca delante de una lente de distancia focal 50 cm y se ilumina normalmente con luz de $\lambda = 589$ nm. Los mínimos de primer orden a ambos lados del máximo central de la figura de difracción que se observa en el plano focal de la lente, están separados entre sí por 0,2 cm. ¿Cuál es el valor de d ?

Resp. 0.3 mm

B. N rendijas

- 4) Sabiendo que la expresión de la intensidad observada sobre una pantalla producida cuando un haz de luz incide normal a una placa con N rendijas de ancho b separadas entre sí por una distancia a es

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

$$\beta = \frac{\pi b}{\lambda} \text{sen}\theta$$

$$\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \text{sen}\theta$$

- a) Obtenga la expresión para el caso de 2 rendijas. Grafique o figura de interferencia-difracción. ¿Qué pasa si el haz incidente está formado por dos longitudes de onda?
- b) Para 4 rendijas obtenga la figura de interferencia-difracción sobre una pantalla muy lejana. ¿Cuántos mínimos habrá entre 2 máximos de interferencia? ¿Cuál es el ancho de las líneas espectrales? ¿qué ocurre si se aumenta el número de rendijas? ¿Cuántos máximos de interferencia habrá dentro de la campana principal de difracción? ¿Cuál es el máximo orden observable?

Resp. b) Para 4 rendijas entre dos máximos principales hay 3 mínimos y 2 máximos secundarios; Para N rendijas los máximos están en $\alpha = m \pi$ (m entero) y los mínimos en $\alpha = m/N \pi$ (m entero y m/N no entero). El ancho de los máximos expresado en términos de α es $\Delta\alpha = 2/N \pi$ (a mayor N menor ancho). La cantidad de máximos dentro de la campana será $1+2n$ (1 máximo central y n a cada lado) donde n depende del cociente a/b. El máximo orden de interferencia observable será $m_{\text{MAX}} = a/\lambda$.

- 5) Se realiza una experiencia de difracción por doble rendija con una fuente que emite en 400 nm. La separación entre los puntos medios de las rendijas es de 0.4 mm y el ancho de cada una es de 0.04 mm. La pantalla está a 1 m de las rendijas. Se cambia luego la fuente por una de 600 nm. Determine:
- a) ¿Cuánto varió la interfranja?
- b) ¿Cuánto varió el número de máximos de interferencia dentro de la campana principal de difracción?
- c) ¿Cuánto varió el ancho de la campana principal de difracción?

Resp. a) las franjas se separan 0.5 mm (para 400 nm la interfranja es 1mm y para 600 nm es 1.5 mm); **b)** el número de máximos dentro de la campana de difracción es 19 y no depende de la longitud de onda; **c)** varía 1 cm (el ancho de la campana de difracción es de 2cm para 400 nm y 3 cm para 600 nm)

- 6) Sobre dos ranuras de Young separadas una distancia de 1 mm incide la superposición de dos ondas planas monocromáticas de longitudes de onda λ_1 y λ_2 .

Física 2 ByG / curso de verano 2017

- a) ¿Qué relación debe satisfacer el cociente λ_1/λ_2 para que el tercer orden de interferencia constructiva de λ_1 coincida con el tercer mínimo de λ_2 ?
- b) ¿Qué ancho deben tener las ranuras para que además esos órdenes coincidan con el primer mínimo de difracción de λ_2 ? ¿Qué intensidad se registrará en la pantalla en ese punto?

Resp. a) $\lambda_1/\lambda_2=5/6$

C. Redes de difracción

Para una red de difracción de N rendijas, el patrón de interferencia-difracción sigue la función (expresión en el problema 4). Se puede demostrar que

- i. el máximo de interferencia de orden m se ubica en Θ_m tal que:

$$\sin(\theta_m) = \frac{m\lambda}{a}$$

- ii. el ancho del máximo es

$$\Delta\Theta = \frac{2\lambda}{Na \cos(\theta_m)}$$

- iii. el orden máximo de interferencia es

$$m \leq \frac{a}{\lambda}$$

- iv. para 2 longitudes de onda separadas en $\delta\lambda$, sus máximos se separan en

$$\delta\theta = \frac{m\delta\lambda}{a \cos(\theta_m)}$$

- v. el poder resolvente de la red (criterio de Rayleigh) es

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$$

- 7) Incide luz normal a una **red de difracción** que tiene 1965 líneas/cm ¿Cuáles pueden ser las longitudes de onda de luz visible incidente ($380\text{nm} \leq \lambda \leq 780\text{nm}$) que tienen máximo en 30° ?

Resp. 636 nm (rojo), 509 nm (verde) y 424 nm (violeta)

- 8) Se ilumina 1cm de una **red de difracción** de 600 líneas/cm. Si un haz de rayos paralelos con luz de longitudes de onda $\lambda_1 = 500\text{ nm}$ y $\lambda_2 = 550\text{ nm}$ llega normalmente a la red, ¿cuál será la posición y el ancho de los primeros y segundos máximos de interferencia para cada longitud de onda? ¿Permite esta red separarlos?

Resp. Para λ_1 están en $\theta_{m=1}=30\text{ mrad}$ y $\theta_{m=2}=60\text{ mrad}$ con ancho $\Delta\theta=5.7\text{ mrad}$. Para λ_2 están en $\theta_{m=1}=33\text{ mrad}$ y $\theta_{m=2}=66\text{ mrad}$ con ancho $\Delta\theta=5.7\text{ mrad}$. Si pueden separarse

- 9) Un haz de luz formado por longitudes de onda λ_1 y λ_2 ($\lambda_1 > \lambda_2$) incide sobre una red de difracción de N líneas por cm. La diferencia angular entre λ_1 y λ_2 para el primer orden es $1,65^\circ$. El primer

Física 2 ByG / curso de verano 2017

orden para λ_1 se observa a $14,12^\circ$ mientras que el tercer orden para λ_2 está a $40,39^\circ$. Si $\lambda_2 = 540$ nm, halle:

- a) λ_1 y N
- b) El orden máximo observable para cada longitud de onda

Resp. a) $\lambda_1=610$ nm, $N=4000$; b) 4

10) Una red de difracción tiene 8000 ranuras/pulgada. ¿Para qué longitudes de onda del espectro visible es posible observar difracción de quinto orden ($m=5$)? Nota: 1 pulgada=2.54 cm

Resp. Para nm

11) ¿Cuál es el orden máximo de interferencia que se puede obtener con una red de 4 cm de longitud y 8000 líneas iluminadas si se trabaja con luz de $\lambda = 560$ nm?

Resp. $m=8$

12) Se ilumina la red de difracción del problema anterior con una lámpara que emite luz de longitudes de onda de $\lambda_1 = 560.00$ nm y $\lambda_2 = 560.05$ nm. ¿A partir de qué orden se resuelven los espectros correspondientes a las dos longitudes de onda? ¿Cuál es el máximo poder resolvente de esta red para 560 nm?

Resp. a partir de $m=2$ y el máximo poder resolvente es $R_{MAX}=64000$

13) Sobre una red de difracción de 1200 líneas y 1 pulgada de longitud, incide un haz de luz policromática con longitudes de onda que varían desde 450 nm y 650 nm. La figura aparece sobre el plano focal de una lente colectora que sigue a la red.

- a) ¿Qué distancia focal debe tener la lente si el espectro de segundo orden debe tener una extensión de 1,25 cm?
- b) ¿Se podrán distinguir en dicho orden las líneas de 450 nm y de 450.05 nm?

Resp. a) 10 cm; b) No