

Física 2 Biólogos y Geólogos - Curso de verano 2013

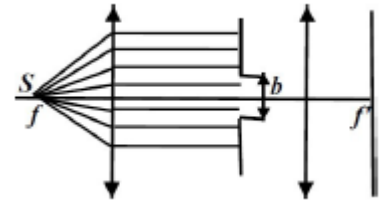
SERIE 5: Difracción

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 θ respecto del eje óptico sigue la expresión

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 ; \text{ con } \beta = \frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta .$$

Halle los máximos y mínimos e la intensidad y haga un gráfico de intensidad en función de $\sin \theta$

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 ($\beta \approx 3\pi/2$)

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 ?

4. Una rendija de $7\mu\text{m}$ de ancho se coloca entre 2 lentes delgadas convergentes y es iluminada por una fuente puntual de $\lambda=500\text{nm}$, colocada en el plano focal de la primer lente. ¿En qué plano se formará la figura de difracción? Si la separación entre el primer mínimo a la izquierda y el tercer mínimo a la derecha es de 3mm ¿cuál es la distancia focal de la segunda lente?

5. Para una abertura circular la figura de difracción tiene simetría de revolución. Sabiendo que la expresión de la difracción de Fraunhofer de una abertura circular de radio d es:

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{J_1[2\pi d(\sin(\theta) - \sin(\theta_0))/\lambda]}{\pi d(\sin(\theta) - \sin(\theta_0))/\lambda} \right)^2 ;$$

y que la función $J_1(u)=0$ tiene un primer caso en $u=1.22\pi$, calcule el radio del círculo de Airy para la imagen de una fuente puntual ubicada a una distancia s de una lente convergente de radio d y distancia focal f . ¿Cuál es la mínima distancia entre 2 fuentes puntuales para que sus imágenes se

encuentren separadas?

6. La pupila del ojo humano tiene un diámetro de 2 mm aproximadamente. Su distancia focal es de 20 mm.

- a) ¿Qué distancia mínima de separación debe haber entre dos imágenes que se forman sobre la retina para que sean resueltas según el criterio de Rayleigh?
- b) Muestre que el ojo es capaz de resolver dos puntos luminosos separados 3 cm estando a una distancia de aproximadamente 9 m.

7. Se realiza una experiencia de difracción por doble rendija con una fuente que emite en 400nm. La separación entre los puntos medios de las rendijas es de 0.4mm y el ancho de cada una es de 0.04mm. La pantalla está a 1m de las rendijas. Se cambia luego la fuente por una de 600nm.

- 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?

8. Sabiendo que la expresión de la intensidad $I(\theta)$ 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

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

donde $\beta = \frac{\pi b}{\lambda} \text{sen}\theta$, y $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \text{sen}\theta$

- a) Obtenga la expresión para el caso de 2 rendijas. Grafique $I(\theta)$ 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?

9. Se tiene un dispositivo de difracción compuesto por 3 rendijas de ancho b separadas por una distancia d. A la salida de la placa hay una lente convergente de distancia focal $f=70\text{cm}$. Se iluminan las rendijas con una luz de longitud de onda $\lambda=517\text{nm}$.

- a) Encuentre la relación entre d y b sabiendo que el máximo de interferencia de orden 7 coincide con el mínimo de difracción de orden 2.
- b) ¿Cuántos máximos habrá dentro de la campana principal?
- c) Encuentre los valores de d y b sabiendo que el primer máximo de interferencia se observa a una

altura $y=9\text{cm}$ por sobre el eje óptico de la lente.

- e) ¿Es posible con este dispositivo distinguir entre las líneas del magnesio, de longitudes de onda 517nm y 518nm ?. En caso de no ser posible, indique cómo modificaría el dispositivo para lograr resolver dichas líneas.

Redes de difracción

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

- i) el máximo de interferencia de orden m se ubica en θ_m tal que $\text{sen}\theta_m = m\lambda/a$
- ii) el ancho del máximo es $\Delta\theta = 2\lambda/(Na \cos\theta_m)$
- iii) el orden máximo de interferencia es $m \leq \lambda/a$
- iv) para 2 longitudes de onda separadas en $\delta\lambda$, sus máximos se separan en $\delta\theta = \frac{m\delta\lambda}{a \cos\theta}$
- v) el poder resolvente de la red (criterio de Rayleigh) es $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$

10. 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?

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

- a) λ_1 y N
- b) La diferencia angular para el tercer orden
- c) El orden máximo observable para cada longitud de onda

12. Sobre una red de difracción de N ranuras de ancho b separadas entre sí por una distancia d incide normalmente la superposición de ondas planas de longitudes de onda λ y $\lambda+\Delta\lambda$. Calcule:

- a) La dispersión angular
- b) El poder resolvente
- c) El máximo poder resolvente

13. Se dispone de 2 redes de difracción cuadradas de 2cm de lado. Una de 600 líneas/mm y la otra de 1200 líneas/mm

- a) Halle el poder resolvente de cada red a 1er orden
- b) Si la fuente emite en 500 nm, ¿cuál es el máximo orden observable?
- c) ¿Cuál es el máximo poder resolvente de cada una?
- d) Alguna de las 2 redes resuelve las longitudes de onda de 500nm y 500.007 nm?
- e) Idem d) si el haz de luz tiene un ancho de 1.8 cm de lado

14. Se desea estudiar la estructura de banda en las proximidades de 430 nm utilizando una red plana de 10cm y 1200 líneas/mm. Halle:

- a) El máximo orden observable
- b) El mínimo intervalo de longitudes de onda resueltas
- c) Que cambia si el haz tiene 1 cm de ancho

15. El patrón de difracción de Fraunhofer de una red iluminada normalmente con luz de $\lambda=650$ nm aparece sobre el plano focal de una lente convergente de distancia focal 8cm. Se observa que entre franjas brillantes la separación es de 1,04 cm.

- a) Determinar la separación entre ranuras.
- b) ¿Qué ancho (en mm) debería tener el haz para resolver dos líneas de 650.00nm y 650.05nm en el segundo orden?
- c) Si el máximo de interferencia de orden 5 coincide con el mínimo de orden 1 de difracción, ¿cuánto mide el ancho de cada ranura?