Física 2 Biólogos y Geólogos - Curso de Verano 2006
Turno: Tarde

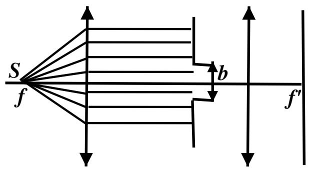
Serie 5: Difracción

1. (a) Discuta la diferencia entre los fenómenos de interferencia y de difracción.

   (b) Sabiendo (de las clases teóricas) que la distribución angular de intensidad para la difracción de una onda plana que incide normalmente sobre una abertura lineal de ancho b es:

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

   Considere la figura de difracción de Fraunhofer producida por una rendija de ancho $b = 0.45$ mm ubicada entre dos lentes convergentes de distancias focales $f = 40$ cm y centrada en el eje óptico del sistema. La fuente puntual que emite en una longitud de onda $\lambda = 546$ nm se coloca en el foco de la primer lente:



   i. Dónde se coloca la pantalla de observación?
   ii. Calcule la posición de los máximos y de los mínimos de intensidad, el ancho angular de la campana principal de difracción y de los máximos secundarios.
   iii. Calcule la relación de intensidades entre el máximo principal y el primer máximo secundario.
   iv. Grafique la intensidad sobre la pantalla, en función de qué variables lo hace? Podría haber elegido otras? Cuáles?
   v. Discuta cómo se modifican los parámetros de la figura de difracción si se cambia: 1) el ancho de la ranura, 2) la longitud de onda, 3) si se coloca una fuente policromática.

2. (a) Repita los pasos del programa anterior si la fuente se encuentra en el plano focal a una altura $h = 1$ cm del ojo óptico.

   (b) Repita los pasos del problema anterior si la ranura se centra a una altura $h = 2$ cm del eje óptico.

3. Una rendija de 7 μm de ancho se encuentra entre dos lentes delgadas cilíndricas convergentes, y es iluminada por una fuente lineal, de $\lambda = 500$ nm, colocada en el plano focal de la primer lente. En qué plano forma la figura de difracción de Fraunhofer de la fuente? Si la distancia entre el primer mínimo a la izquierda y el tercer mínimo a la derecha es de 3 mm, cuál es la distancia focal de la lente? Dónde se encuentra la pantalla? Dónde está el máximo principal?

4. (a) Para una abertura circular, la figura de difracción es igual a la que obtenemos en el plano, pero con simetría de revolución?

   (b) Sabiendo que la expresión de la difracción de Fraunhofer de una abertura circular de diámetro d es:

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

   y que si $u = 1.22\pi$ se obtiene el primer caso de $J_1[u] = 0$. Calcule el radio del círculo de Airy para la imagen de una fuente puntual ubicada a una distancia s de una lente convergente de diámetro d y distancia focal f. Calcule la mínima distancia entre dos fuentes puntuales para que sus imágenes se encuentran resueltas. De qué depende la resolución de las dos imágenes, del diámetro de lente, de su distancia focal o de ambos?

5. (a) Suponga al ojo humano limitado por difracción, y calcule el mínimo ángulo que resuelve para un diámtero de pupila de 2 mm. Si dos puntos se hallan a la distancia de visión clara, cuál es la mínima distancia entre ellos para que estén justamente resueltos?

(b) Si la longitud del ojo es de 25 mm, cuál es la mínima separación para que las imágenes en la retina estén justo resueltas.

(c) Analice si el ojo es capaz de resolver 2 puntos separados 3 cm a una distancia de 9 m. Y si están a una distancia de 90 m?

6. (a) Recordando que la apertura numérica de un objetivo se define como $AN = n\sin(\alpha)$, donde 2α es el ángulo que subtiende el objetivo desde el punto axial del plano objeto. Calcule la apertura numérica que debe tener el objetivo de un microscopio para resolver dos objetos puntuales separados entre sí por $4.2\ 10^{-4}$ mm ($\lambda = 550$ nm). Si el aumento lateral del objetivo es $20X$, hallar la máxima distancia focal de un ocular que permita al observador resolver los citados puntos.

   (b) Halle el poder resolvente del objetivo de un microscopio, tal que $\alpha = 1$ rad. Cómo se modifica este poder resolvente si el espacio entre la muestra y el objetivo se llena con un medio de índice 1.7.

   (c) Si la imagen final de un microscopio se encuentra a 25 cm del ojo, y el objeto tiene un tamaño de 6 μm, calcule el mínimo aumento necesario para que las imágenes sean resueltas por el ojo. Es conveniente que el aumento del microscopio sea bastante mayor que ese valor? Justifique su respuesta.

7. 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. La pantalla está a 1 m de las rendijas. Se cambia la fuente por otra que emite en 600 nm, determine:

   (a) En cuánto varió la interfranja.

   (b) En cuánto varió el número total de franjas de interferencia contenidas en el máximo principal de difracción.

   (c) En cuánto varió el ancho angular de la campana principal de difracción.

8. Sabiendo que la distribución angular de intensidad producida por N rendijas de ancho b separadas entre una distancia d, iluminadas por un haz plano de dirección θ_0, vale:

$$I(\theta) = I_0(\frac{\sin(\beta)}{\beta})^2(\frac{\sin(N\delta}{N\delta})^2;$$

   donde $\beta = \frac{\pi b}{\lambda}(\sin(\theta) - \sin(\theta_0))$ y $\delta = \frac{\pi d}{\lambda}(\sin(\theta) - \sin(\theta_0))$.

   (a) Obtenga la expresión de la difracción para dos rendijas. Determine la posición en los máximos y mínimos de intensidad. Y grafique la figura de interferencia-difracción que se obtendría en un plano suficientemente alejado de las rendijas. Analice la figura cuando el haz incidente está formado por dos longitudes de onda. A luz de estos resultados discuta el interferómetro de Young.

   (b) Para 4 rendijas obtenga la figura de interferencia-difracción sobre una pantalla muy lejana. Analice la cantidad de mínimos que se encuentran entre dos máximos de interferencia, y obtenga a partir de allí el ancho de las líneas espectrales, qué ocurre si se aumenta el número de rendijas? Analice cuántos máximos de interferencia se enuentran dentro de la campana principal de difracción. Calcule el máximo orden observado tanto en incidencia normal como rasante.

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

   (a) La dispersión angular.

   (b) El poder resolvente.

   (c) El máximo poder resolvente.

(d) Grafique la intensidad sobre la pantalla.

(e) Replantee el programa para incidencia distinta a la normal, y discuta si existe alguna ventaja al trabajar de esta manera.

10. Se dispone de dos redes de difracción cuadradas de 2 cm de lado, una tiene 600 líneas/mm y la otra 1.2líneas/mm. Determine:

    (a) El poder resolvente de cada red en el 1° orden.

    (b) Si la fuente emite en 500 nm, el máximo orden observable. Es importante tener en cuenta el ángulo de incidencia?

    (c) El máximo poder resolvente de cada una.

    (d) Si alguna de ellas resuelve las siguientes longitudes de onda $\lambda_1 = 500$ nm y $\lambda_2 = 500,007$ nm.

    (e) Idem (d) si el haz que ilumina las redes es cuadrado de 1.8 cm de lado.

11. Se desea estudiar la estructura de una banda en la proximidad de 430 nm, utilizando una red plana de 10 cm y 1200 líneas/mm. Hallar=

    (a) El máximo orden observable.

    (b) El mínimo ángulo de incidencia para el cual se observa.

    (c) El mínimo intervalo de longitudes de ondas resueltas.

    (d) El orden intensificado. Es ventajoso? Justifique su respuesta.

    (e) Responda los puntos anteriores si el haz que ilumina la red tiene sección cuadrada de 1 cm de lado.