Física 3

(Cs. de la atmósfera y los océanos)

Primer cuatrimestre de 2015

Guía 8: Interferencia y difracción

1. Demuestre que la suma de dos ondas armónicas escalares de la misma frecuencia ω ($\phi_1 = A_1 \cos(kx - \omega t + \varphi_1)$ y $\phi_2 = A_2 \cos(kx - \omega t + \varphi_2)$) que se propagan en la misma dirección, da lugar a otra onda armónica ($\phi_R = A_R cos(kx - \omega t + \varphi_R)$) de igual frecuencia y que se propaga en la misma dirección que las otras, cuya amplitud y fase están dadas por:

$$A_R^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2),$$

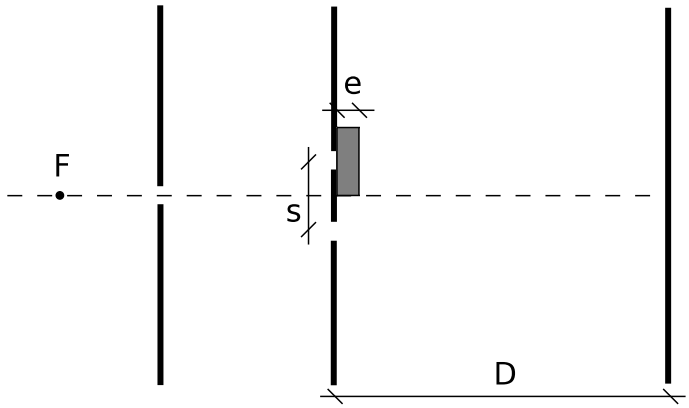
y

$$\tan(\varphi_R) = \frac{A_1 \sin(\varphi_1) + A_2 \sin(\varphi_2)}{A_1 cos(\varphi_1) + A_2 cos(\varphi_2)}.$$

2. Considere dos fuentes puntuales monocromáticas que emiten en la misma frecuencia, con una diferencia de fase $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, y que se hallan separadas entre sí una distancia s. Calcule la perturbación total en una zona muy alejada de las fuentes, próxima a la dirección perpendicular a la recta que las une. Suponga que ambas fuentes emiten con igual amplitud. ¿Qué figura se observa en una pantalla perpendicular a dicha dirección? ¿Cómo debe ser s respecto de λ para que sean válidas las aproximaciones realizadas?

3. (a) En el experimento de Young, ¿cuál es el lugar geométrico de los puntos que reciben ondas con la misma diferencia de fases?
   (b) Si en un experimento de Young la pantalla de observación está lo suficientemente alejada de las ranuras, ¿qué aspecto tienen las franjas de interferencia?
   (c) ¿Cómo cambia el experimento de Young si la fuente luminosa no está simétricamente situada respecto de la ranura, o si, por algún motivo, las ondas que llegan a las mismas tienen un cierto desfasaje? ¿Cómo puede detectar dicho corrimiento?
   (d) ¿Cómo se modifica la figura de interferencia si el dispositivo de Young se encuentra inmerso en un medio de índice $1,5$? ¿Cómo y cuánto se debería mover la pantalla para mantener el valor de la interfranja?

4. Considere una fuente monocromática ($\lambda = 550$ nm), y un dispositivo de Young una distancia entre las ranuras $s = 3.3$ mm, y una distancia de las ranuras a la pantalla $D = 3$ m.

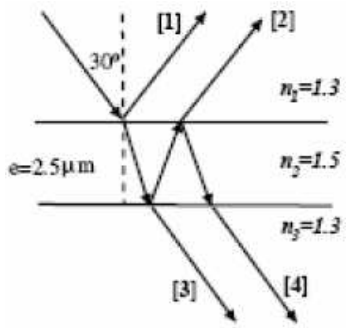


(a) Calcular la interfranja i.

(b) Detrás de una de las ranuras se coloca una lámina de vidrio de caras paralelas y planas ($e = 0.01$ mm) (ver figura). Determinar el sentido de desplazamiento de las franjas y la fórmula que da la expresión de dicho desplazamiento.

(c) Sabiendo que las franjas se han desplazado 4.73 mm, dar el valor del índice de refracción del vidrio. ¿Puede detectar dicho corrimiento con una fuente monocromática? ¿Y con una policromática?

5. Sea una lámina de caras paralelas como la indicada en la figura. Calcule para qué longitudes de onda, en el rango visible, los rayos 1 y 2 interfieren constructivamente. Cuando esto sucede, ¿qué pasa con los rayos 3 y 4? Calcule un valor del índice externo para que la interferencia de los rayos 1 y 2 sea destructiva.



6. Partiendo de la expresión de la intensidad observada sobre una pantalla, explique el significado de cada uno de los términos que aparece en dicha expresión para el caso de:

(a) Una ranura.

(b) Dos ranuras.

(c) Una red de difracción.

Haga los gráficos de $I(\theta)$ en cada caso.

7. Se realiza una experiencia de difracción por doble rendija con una fuente que emite en 400 nm. La separacion entre los puntos medios de las rendijas es de 0.4 mm. La pantalla está a 1 m de las rendijas. Si 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:

$$I(\theta) = I_0 \frac{\sin\beta}{\beta} \frac{\sin(N\delta)}{N\delta},$$

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-difraccióon 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. (a) Una red de difracción tiene 8000 ranuras/pulgada. ¿Para qué longitudes de onda del espectro visible es posible observar difracción de quinto orden ($k = 5$)?

(b) ¿Cuál es la dispersión angular máxima en segundo orden que se puede obtener con una red de 4 cm de longitud y 800 líneas si se trabaja con luz de $\lambda = 560$ nm?

(c) Se ilumina la red de difracción del item anterior con una lámpara que emite luz de longitudes de onda de $\lambda_1 = 560$ nm y $\lambda_2 = 560,5$ nm. ¿A partir de qué orden se resuelven los espectros correspondientes a las dos longitudes de onda?

(d) Una red de difracción tiene 1965 líneas/cm y se observa una difracción intensa a $30°$. ¿Cuáles pueden ser las longitudes de onda de la luz incidente? ¿Cómo las podría identificar?