

UNIDAD 3: ÓPTICA ONDULATORIA O FÍSICA

A) INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN

PROBLEMA RESUELTO

ENUNCIADO:

Se hace pasar un haz de luz de 400 nm de longitud de onda a través de una doble ranura. El ancho de cada ranura es de 0.06 mm y la separación de sus centros es de 0.40 mm.

En otra pantalla, situada a 3,00 m de distancia, se detectan franjas luminosas y oscuras conformando el patrón de interferencia.

- Hallar la distancia entre la banda central clara y la tercera banda brillante. Diga si allí se produce interferencia constructiva o destructiva y porqué. Grafique la forma de las ondas.
- Si ahora se tapa una de las ranuras, ¿cuál será el nuevo patrón de interferencia obtenido? Grafique la forma de las ondas. Calcule la distancia entre la banda central clara y la primera banda oscura. Diga si allí se produce interferencia constructiva o destructiva y porqué.

RESOLUCIÓN:

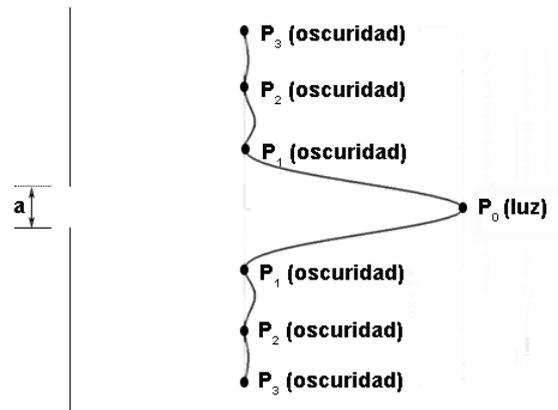
En una **ranura simple**, la luz o zona brillante (superposición constructiva de los haces de luz) se produce en P_0 , con $m = 0$.

En cambio, la oscuridad (superposición destructiva de los haces de luz) se produce en P_1, P_2, P_3 , etc.

En este sistema se cumple la expresión:

$$y_m = \frac{x \cdot m \cdot \lambda}{a}$$

Donde x = distancia entre una pantalla y otra; $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3$, etc.; λ = longitud de onda en metros y a = abertura de la ranura en metros.

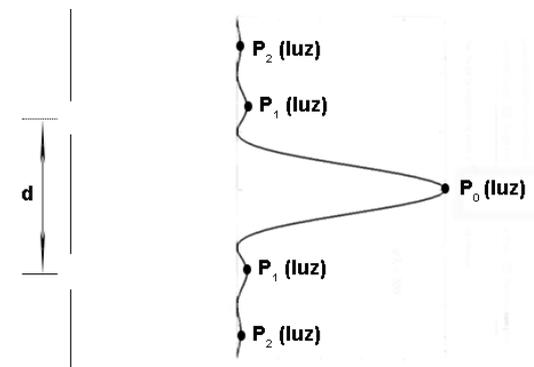


En una **ranura doble**, la luz o zona brillante (superposición constructiva) se produce en P_0, P_1, P_2, P_3 , etc.

En este sistema se cumple la expresión:

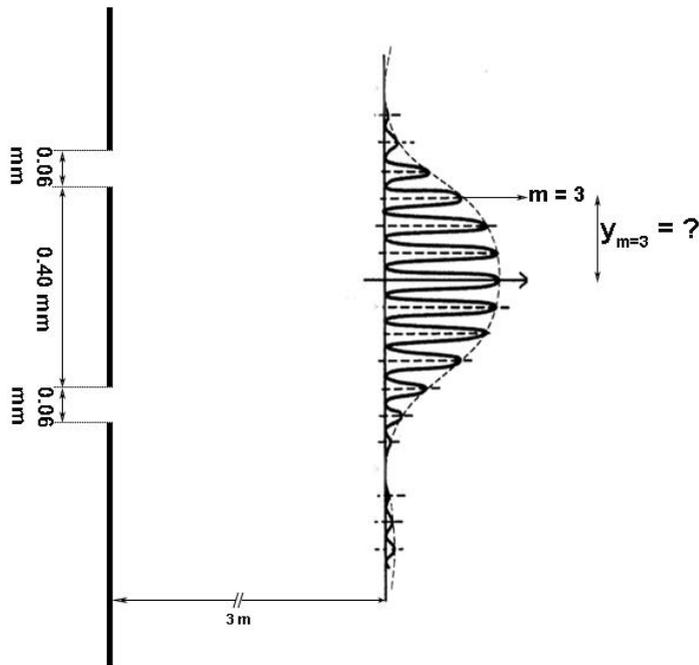
$$y_m = \frac{x \cdot m \cdot \lambda}{d}$$

Donde x = distancia entre una pantalla y otra; $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$, etc.; λ = longitud de onda en metros y d = separación entre centros en metros.



a) En el problema se plantea un sistema de dos ranuras, por lo que la tercer banda brillante se corresponde con un $m = 3$, en la cual se produce interferencia constructiva.

$$y_{m=3} = \frac{x \cdot m \cdot \lambda}{d} = \frac{3m \cdot 3 \cdot 400 \times 10^{-9} m}{0.4 \times 10^{-3} m} = 9 \times 10^{-3} m = 9 \text{ mm}$$

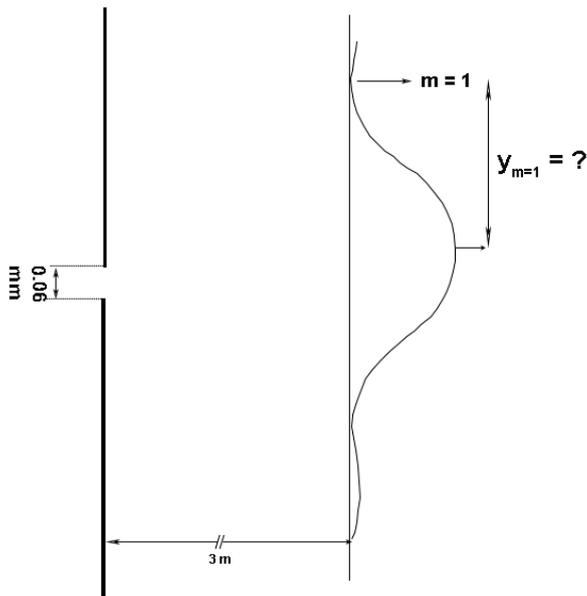


En las bandas brillantes se produce interferencia constructiva porque las ondas se cruzan en ese punto sumando sus amplitudes.

- b) Al tapan una de las ranuras, el sistema se convierte en uno de una ranura, en el cual la primer franja oscura se corresponde a un $m = 1$.

$$y_{m=1} = \frac{x * m * \lambda}{a} = \frac{3m * 1 * 400 \times 10^{-9} m}{0.06 \times 10^{-3} m} = 0.02m = \mathbf{20mm}$$

En $m = 1$ se produce interferencia destructiva porque las ondas se encuentran desfasadas y sus amplitudes se anulan.



PROBLEMAS

1.- Una rendija de 0,1 mm de anchura se ilumina con luz de longitud de onda de 6000 Å, observándose las bandas de difracción en una pantalla situada 40 cm de la misma. Hallar la distancia entre la banda central clara y la tercera banda oscura.

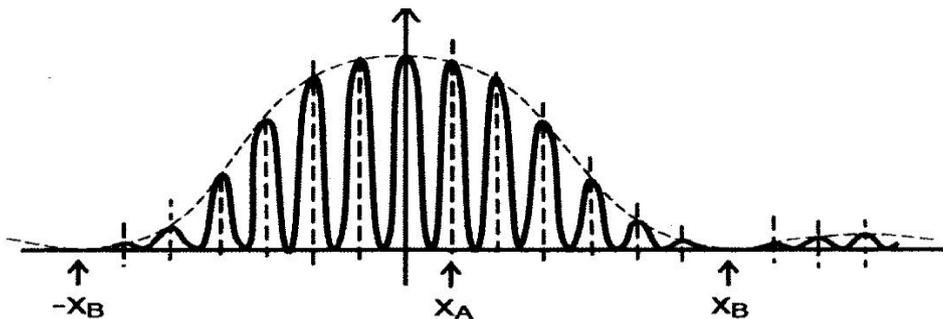
2. -Sobre una rejilla de difracción de 4000 líneas / cm incide normalmente luz roja. Sabiendo que la imagen de segundo orden se difracta formando un ángulo de 34° con la normal, calcular la longitud de onda de la luz.

3.- Con dos rendijas separadas 0,2 mm y una pantalla situada a 1 m, la tercera franja brillante se encuentra desplazada 7,5 mm de la franja central. Hállese la longitud de onda de la luz utilizada.

4.- Las longitudes de onda del espectro visible están comprendidas aproximadamente entre 400 y 700 nm. Hállese la amplitud angular del espectro visible de primer orden producido por una red plana que tiene 6000 líneas por centímetro, cuando la incidencia de la luz sobre la red es normal.

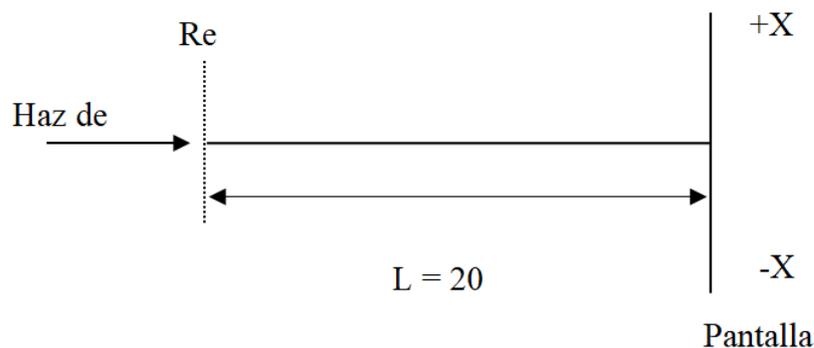
5. Se realiza la demostración de las propiedades ondulatorias de la luz, haciendo pasar un haz de luz de 600 nm de longitud de onda a través de una doble ranura. El ancho de cada ranura es $a = 0,008$ cm y la separación de sus centros es $d = 0,056$ cm.

En otra pantalla situada a una distancia $L = 4,00$ m se detectan las franjas luminosas y oscuras conformando el patrón de interferencia que se muestra a continuación.



- Calcule el valor de X_A y explique si allí se produce interferencia constructiva ó destructiva y ¿por qué?
- Si ahora se tapa una de las ranuras, ¿cuál será el nuevo patrón de interferencia obtenido? Calcule X_B y explique si allí se produce interferencia constructiva o destructiva, y ¿por qué?

6. Un haz delgado de luz monocromática cuya frecuencia es $f = 5,55 \times 10^{14}$ Hz, incide perpendicularmente sobre una red de difracción de 400 líneas/mm como se indica en la figura:



- Calcule los valores de X, (positivos y negativos) que resultarán iluminados.
- El espectro obtenido, ¿es continuo o discontinuo? Explique.

Si en lugar de incidir luz monocromática, incide un haz de luz blanca:

- Dibuje lo obtenido sobre la pantalla, indicando las características más importantes.

7. Sobre una rejilla plana de transmisión con 3500 ranuras/cm inciden, en modo normal, ondas monocromáticas planas con una longitud de onda de 520 nm. Obtenga los ángulos de desviación en los órdenes primero, segundo y tercero.

8. Sobre una ranura de 0.75 mm de ancho, incide luz monocromática proveniente de una fuente lejana. En una pantalla distante 2.00 m de la ranura, la distancia medida desde el máximo central del patrón de difracción hasta el primer mínimo resulta ser de 1.35 mm. Calcule la longitud de onda de la luz.

9. A 3 m de una doble ranura, como las del experimento de Young, se encuentra una pared semicircular que funciona como pantalla. Las ranuras son muy delgadas: 0.1 mm de ancho, y están bañadas por luz monocromática de la misma frecuencia. Sabiendo que por cada una de las ranuras pasa una intensidad luminosa de 100 W/m^2 (100 W por metro cuadrado), calcule en forma aproximada cuál será la iluminación sobre la pantalla, en los casos en que:

- la luz que atraviesa cada una de las ranuras y se proyecta sobre la pantalla es incoherente con la que atraviesa la otra ranura;
- la luz que atraviesa ambas ranuras es coherente. Note que para que esto ocurra ambas ranuras deberían estar iluminadas por la misma fuente.

RESPUESTAS:

1.- $y = 7.2 \text{ mm}$

2.- 699 nm

3.- 500 nm

4.- 10.9°

5.- $X_a = 4.3 \text{ mm}$ (interferencia constructiva)

$X_b = 30 \text{ mm}$ (interferencia destructiva)

6.- a) $X_{\text{iluminados}} = \pm 4.36 \text{ cm}, \pm 8.72 \text{ cm}$

b) Cuando se ilumina con un haz de luz monocromática, el patrón es DISCONTINUO: una serie de líneas muy marcadas en ángulos determinados por $d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda$.

7.- $\theta_1 = 10.48^\circ$ $\theta_2 = 21.32^\circ$ $\theta_3 = 33.06^\circ$

8.- $\lambda = 506 \times 10^{-9} \text{ m} = 506 \text{ nm}$

9. a) $I_t = 0,01 \text{ W/m}^2$

b) $I_{\text{máx}} = 0,02 \text{ W/m}^2$ $I_{\text{mín}} = 0 \text{ W/m}^2$

B) POLARIZACIÓN DE LA LUZ

PROBLEMAS

1.- Deseamos utilizar una placa de cristal de índice de refracción $n = 1,50$ como polarizador por reflexión.

¿Cuál es el ángulo de polarización? ¿Cuál es el ángulo de refracción?

2.- La luz se refleja en una superficie de hielo, y los rayos reflejados están totalmente polarizados. Determine el ángulo de incidencia siendo n (hielo) = 1,309.

3.- Dos láminas polarizadoras tienen sus direcciones de polarización paralelas de tal manera que la intensidad I_m de la luz transmitida es máxima.

¿Qué ángulo debe girarse cualquiera de las dos láminas para que la luz transmitida se reduzca a la mitad?

4.- Una haz plano-polarizado incide sobre un disco polarizador con la dirección E_0 paralelo al eje de la transmisión.

¿Qué ángulo debe girar el disco polarizador para que la intensidad del haz transmitido se reduzca por un factor?:

- a) 3
- b) 5
- c) 10

RESPUESTAS:

1.- $\theta_p = 56.3^\circ$

$\theta_r = 33.7^\circ$

2.- $\theta_p = 52.6^\circ$

3.- $\phi = 45^\circ$

4.- a) $\phi = 54.7^\circ$

b) $\phi = 63.4^\circ$

c) $\phi = 71.6^\circ$