

Laboratorio Interferencia-difraccion

Objetivos

- 1) Determinar el ancho de una rendija rectangular estudiando la figura de difracción cuando se ilumina con el láser de He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$) o de Nd:YAG ($\lambda = 532 \text{ nm}$).
- 2) Determinar el diámetro de un cabello estudiando la figura de difracción cuando se ilumina con el láser de He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$) o de Nd:YAG ($\lambda = 532 \text{ nm}$).
- 3) Determinar la separación entre dos rendijas rectangulares estudiando la figura de interferencia-difracción cuando se ilumina con el láser de He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$) o de Nd:YAG ($\lambda = 532 \text{ nm}$).
- 4) Determinar el número de ranuras por mm de una red de difracción estudiando la figura de interferencia- difracción cuando se ilumina con el láser de He-Ne ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$) o de Nd:YAG ($\lambda = 532 \text{ nm}$).

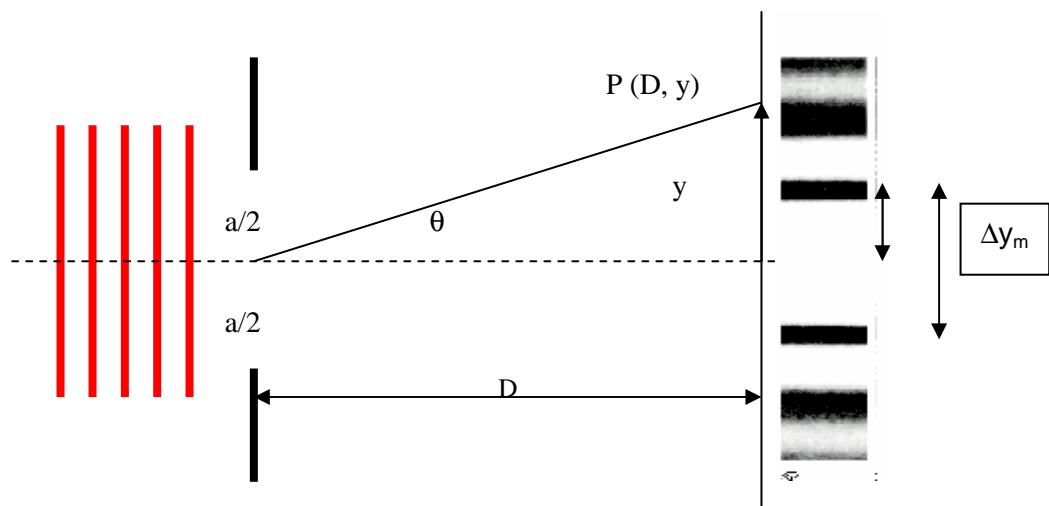
Temas a discutir

Observar si las franjas de interferencia en una experiencia de Young están distribuidas uniformemente. Considere un obstáculo con 4, 5 o más ranuras y observe que ocurre con las franjas a medida que crece el número de ranuras en el obstáculo. ¿Qué sucede con los máximos secundarios, en el límite de muchas ranuras?

Describir la superposición de órdenes cuando se ilumina la red de difracción con luz blanca (fuente policromática).

1.1 DIFRACCIÓN

La figura de difracción de una ranura observada en las condiciones de Fraunhofer se puede utilizar para determinar el ancho de la ranura.



La intensidad sobre una pantalla alejada producida cuando una ranura de ancho a se ilumina con un láser de longitud de onda λ , se puede escribir como

$$I = I_0 \left[\frac{\sin(\alpha)}{\alpha} \right]^2 \quad (1)$$

donde $\alpha = (\pi a / \lambda) \sin(\theta)$ y

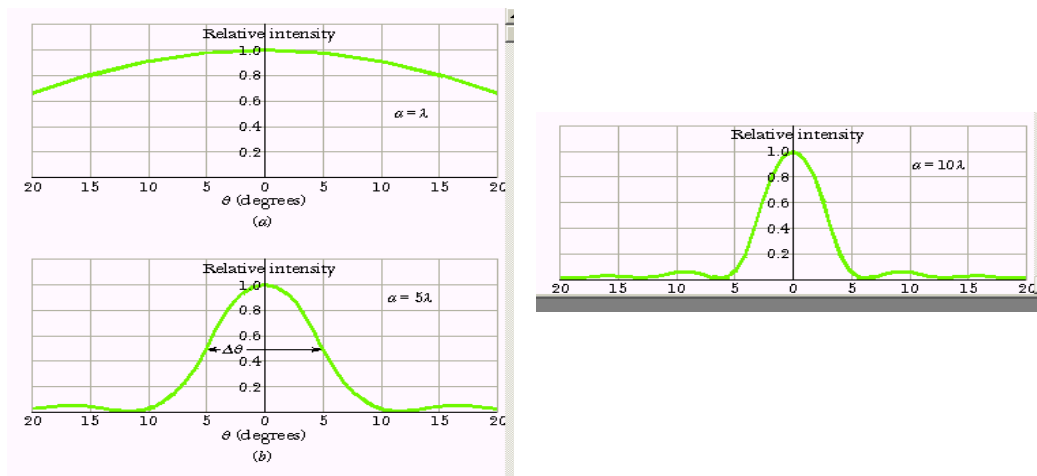
I_0 : distribución de intensidad sobre la pantalla.

a : ancho de la ranura.

θ : posición angular.

λ : longitud de onda del láser utilizado.

La zona central brillante (lóculo central o máximo central) en la figura de difracción es más ancha cuando más angosta es la ranura.

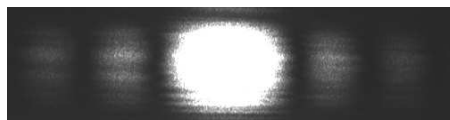


Para determinar el ancho angular del máximo central se debe tener en cuenta que los mínimos de (1) ocurren cuando $\alpha = \pm\pi \Rightarrow \sin(\theta_m) = \pm\lambda/a$. Por otra parte, para ángulos pequeños, $\sin(\theta) \approx \theta \approx \tan(\theta) = y_m/D$ donde D es la distancia entre ranura y pantalla de observación, entonces resulta, $\lambda/a = y_m/D$, que permite calcular el ancho de la ranura $\Rightarrow a = D/y_m$ (donde y_m es la distancia desde el máximo central al primer mínimo, es decir el semiancho del lóbulo central de la figura de difracción), o en el caso de medir el ancho total del primer lóbulo de difracción es decir $\Delta y_m = 2y_m$ el ancho de la ranura está dado por

$$a = \frac{2\lambda D}{\Delta y_m} \quad (2)$$

Procedimiento

Se dispone de un láser, una ranura rectangular de dimensiones submilimétricas enmarcada en una diapositiva y una pantalla sobre la que se observa el patrón de difracción producida por la ranura en las condiciones de Fraunhofer. El patrón observado cuando la ranura se ilumina con el laser tiene el siguiente aspecto:

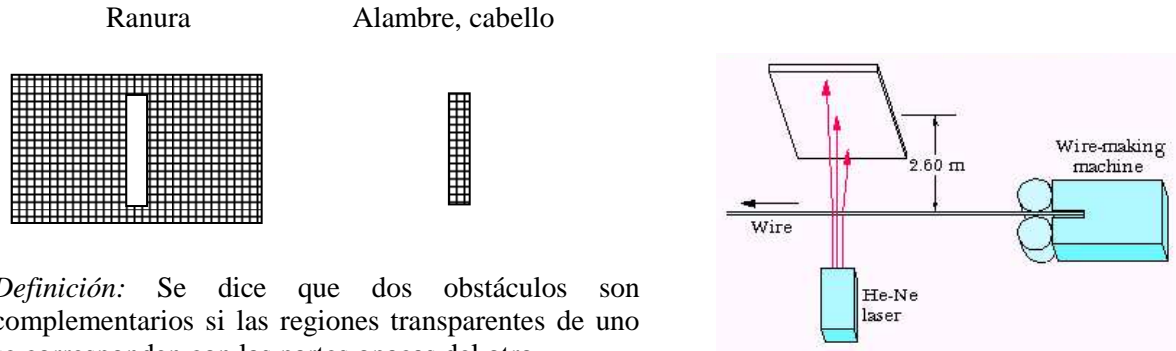


El objetivo es medir el ancho de la ranura (a) dado por la ecuación (2), para lo cual se dispone de una cinta métrica con la cual se mide la distancia a la pantalla D , una hoja milimetrada para medir el ancho del lóbulo central Δy_m .

1.2 DIFRACCIÓN PRODUCIDA POR OBSTÁCULO (CABELLO) PRINCIPIO DE BABINET

Principio de Babinet: Es posible demostrar que las figuras de difracción de Fraunhofer de dos pantallas complementarias resultan “casi” idénticas.

Por esta razón, la figura de difracción de un alambre ó de un cabello se puede asimilar a la de una ranura del mismo ancho y determinar su ancho a partir de la evaluación de la figura de difracción utilizando un procedimiento idéntico al realizado en la parte 1).



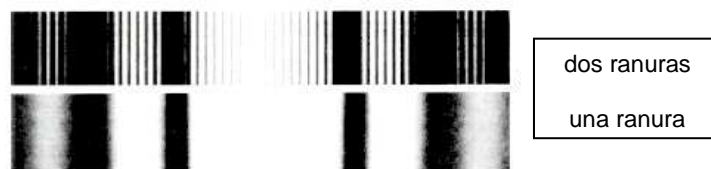
Definición: Se dice que dos obstáculos son complementarios si las regiones transparentes de uno se corresponden con las partes opacas del otro.

Procedimiento

Se realiza el mismo procedimiento descrito en la experiencia anterior, pero reemplazando la ranura por el cabello.

1.3 EXPERIENCIA DE YOUNG

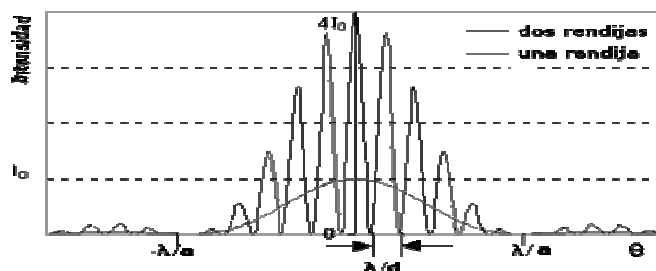
Cuando en una experiencia de Young, el ancho de las ranuras y su separación son comparables, se observa la figura de interferencia de la luz que proviene de las dos ranuras, modulada por la difracción en cada una de ellas. Las imágenes muestran lo que se observa cuando las dos ranuras están destapadas y cuando sólo una de ellas está destapada.



El patrón resultante satisface la ecuación de interferencia -difracción

$$I(\theta) = I_{\max} \frac{\sin^2(\alpha)}{\alpha^2} \cos^2\left(\frac{\delta}{2}\right) \quad (3)$$

cuyo perfil resulta:



Si se desea determinar la separación de las ranuras se debe tener en cuenta que, la diferencia de fase está dada por

$$\delta = \left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) d \sin(\theta)$$

Si se consideran los mínimos de interferencia para los cuales la diferencia de fase resulta $\delta = (2m - 1)\pi$, entonces:

$$d \sin(\theta) = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

Por otra parte, para ángulos pequeños, $\sin(\theta) \approx y_m/D$ donde D es la distancia entre la diapositiva que contiene la doble ranura y la pantalla de observación e y_m es la distancia desde el máximo central al mínimo de interferencia considerado. Entonces, reemplazando resulta:

$$d \frac{y_m}{D} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

Entonces, la distancia entre ranuras estará dada por:

$$\boxed{d = \frac{D\lambda}{\Delta y}} \quad (4)$$

donde Δy es la distancia entre mínimos consecutivos.

Procedimiento

Se realiza el mismo procedimiento descrito en las experiencias anteriores, pero reemplazando la ranura única por una doble ranura. El objetivo es medir la separación entre las ranuras (d) dado por la ecuación (4), para lo cual como en el caso anterior se dispone de una cinta métrica para medir la distancia desde la doble ranura a la pantalla y una hoja milimetrada para medir la distancia entre los mínimos de las franjas de interferencia. Como en los dos casos anteriores se emplea como fuente luminosa un láser.

1.4 DIFRACCIÓN PRODUCIDA POR UNA RED DE DIFRACCIÓN

Cuando el número de ranuras iluminadas es muy grande sólo se observan los máximos de interferencia dentro del lóbulo central de difracción. Los máximos se denominan órdenes de la red y satisfacen la ecuación,

$$\boxed{d \sin(\theta) = m\lambda} \quad (5)$$

donde d es la distancia entre las ranuras de la red. Si N es el número de ranuras por unidad de longitud, entonces, $d = 1/N$. Para utilizar esta ecuación no es necesario suponer que θ_m sea pequeño. Nuevamente considerando que $\sin(\theta) \approx y_m/D$ entonces $d = (\lambda D) / \Delta y$, donde Δy es la distancia entre dos máximos consecutivos.

Procedimiento

Se realiza el mismo procedimiento descrito en las experiencias anteriores, pero reemplazando la ranura por una red de difracción. El objetivo es determinar el espaciado de la red midiendo la distancia entre máximos principales de interferencia (órdenes de difracción) consecutivos y la distancia a la pantalla de observación. Se utiliza una red de 80 líneas por mm que corresponde a un número muy grande (∞) de ranuras equiespaciadas de ancho comparable a la longitud de onda utilizada.