

1. DIFRACCION POR UNA RENDIJA Y UN ALAMBRE DELGADO

1.1. Objetivo

El propósito de esta práctica es estudiar el patrón de difracción producido por una ranura y un por un obstáculo de geometría rectangular. Adicionalmente, se mide el patrón de difracción de las dos geometría mencionadas mediante el empleo de un fotosensor.

1.2. Materiales

- Un láser de longitud de onda conocida.
- Una rendija de ancho variable.
- Un alambre delgado.
- Una regla graduada en milímetros.
- Un calibrador digital para medir el diámetro del alambre delgado.
- Un flexómetro.

1.3. Resumen teórico

Los fenómenos de interferencia y difracción se producen siempre que una porción del frente de onda (ya sea mecánica o electromagnética) es obstruido de alguna manera. Así, si interponemos un objeto transparente u opaco entre una fuente de luz y una pantalla, una porción del frente de onda de la luz se altera en amplitud o fase y ocurrirá difracción; es decir, se generan una serie de franjas claras y oscuras en la pantalla. Las particularidades de este patrón dependen de la geometría del cuerpo y las distancias entre la fuente y pantalla al objeto. Cuando la pantalla se encuentra a una distancia corta del objeto se tiene difracción de Fresnel y cuando la distancia entre el objeto y a la pantalla es grande se tiene difracción de Fraunhofer. La distinción surge debido a que no solo las aproximaciones que se hacen en cada uno de los casos son diferentes sino a que los cálculos se hacen más complicados en el caso de la difracción de Fresnel.

Para el caso de un objeto transparente como es el caso de una pantalla con una rendija de ancho a y ubicada a una distancia L de la pantalla, la forma del patrón de difracción (Fraunhofer) se muestra en la figura 1.

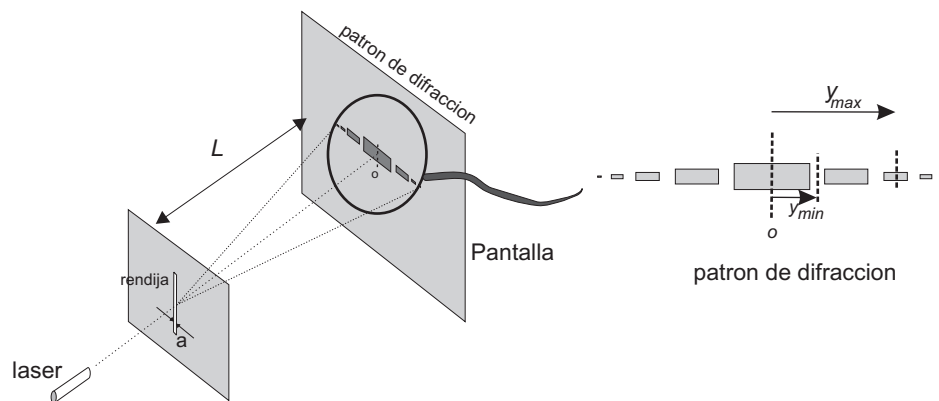


Figura 1: Arreglo experimental para estudiar el patrón de difracción de una rendija de ancho a que se encuentra a una distancia L de una pantalla. La rendija es iluminada con luz coherente proveniente de un láser de longitud de onda λ

La posición de los mínimos sobre la pantalla se determina por la relación

$$y_{\min} = \frac{L\lambda}{a} m \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$

De la ecuación (1) vemos que la posición de los mínimos de la intensidad depende linealmente del entero m . Así, de la gráfica de y_{\min} (ver figura 2) como función de m se determina experimentalmente el valor de la pendiente $n_1 = \frac{L\lambda}{a}$, de la cual se encuentra el valor del ancho a de la rendija.

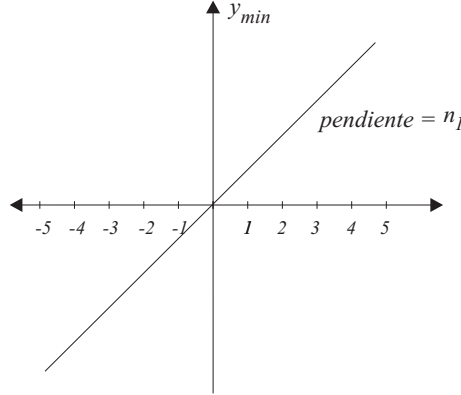


Figura 2: Posiciones de los mínimos de la intensidad como función del entero m

$$a = \frac{L\lambda}{n_1} \quad (2)$$

Obsérvese que para determinar a se requiere conocer de antemano el valor de la longitud de onda λ del láser. (Ver especificaciones del láser utilizado)

Ahora bien, si en lugar de la rendija colocamos un alambre que tenga un ancho igual al de la rendija, entonces se puede demostrar teóricamente que los patrones de difracción formados son idénticos. La rendija y el alambre forman lo que se llama sistemas complementarios ya que al superponerlos forman o completan una pantalla opaca. Este resultado se conoce como principio de Babinet. Luego, si reemplazamos el alambre por la rendija, entonces a partir del patrón de difracción formado, su ancho o diámetro también está dado por la expresión (2).

La intensidad del patrón de difracción (Fraunhofer) como función de la posición viene dada por:

$$I = I_0 \left(\frac{\sin z}{z} \right)^2 \quad (3)$$

donde $z = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \alpha$. El ángulo α mide la apertura angular de la figura de difracción respecto del máximo central y se cumple que

$$\tan \alpha = \frac{y}{L} \quad (4)$$

siendo y la coordenada sobre la pantalla (la posición medida por el fotosensor) . Recuerde que el parámetro L es distancia desde la rendija hasta el elemento sensible del fotosensor.

1.4. Mediciones

Advertencia: Bajo ninguna circunstancia permita que la luz del láser incida directamente sobre sus ojos pues es altamente perjudicial para la retina de los ojos.

Realice el montaje que se describe en la figura 1. Mientras se realiza el montaje mantenga apagado el láser. Asegúrese de colocar la pantalla a una distancia de aproximadamente tres metros de la rendija para tener difracción de Fraunhofer y poder utilizar la ecuación (1).

1. Observe como se distribuye la intensidad de la luz sobre la pantalla. Varíe el ancho de la rendija lentamente y estudie cómo se modifica la imagen de difracción. Observe cómo varía el ancho de la zona central de máxima intensidad cuando se aumenta o disminuye el tamaño de la rendija.
2. Fije el ancho de la rendija a un valor igual al diámetro del alambre delgado suministrado. Mida la posición de los mínimos sobre la pantalla como función de m y registre los resultados de sus mediciones en la tabla 1.

n	$y_n(m)$
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Tabla 1: Mediciones para determinar el ancho de la rendija

3. Reemplace ahora la rendija por un alambre delgado de diámetro aproximadamente igual al ancho de la rendija utilizada, conservando la misma distancia L del paso anterior. Mida la posición de los mínimos sobre la pantalla como función de m y registre los resultados de sus mediciones en la tabla 2.

n	$y_n(m)$
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Tabla 2: Mediciones para determinar el diámetro del alambre

4. Determine el ancho de la rendija y el diámetro de alambre suministrado usando la técnica de difracción descrita en el resumen teórico. Compare los patrones de difracción obtenidos (Fraunhofer) para la rendija y el alambre dados. Discuta sus resultados.
5. Mida la distribución de intensidades de la luz del patrón de difracción proyectado en la pantalla. Para ello, sobre el banco óptico se montan el mismo sistema ranura-láser pero ahora en lugar de la pantalla se ubicará un fotosensor montado sobre un posicionador lineal. Desplace el fotosensor a lo largo del patrón de difracción ¹ y registre para cada posición la intensidad de

¹Puede ajustar finamente parte del patrón de difracción sobre la ranura del fotosensor al variar los cuatro botones grandes ubicados en las esquinas de la base del sistema mecánico



Figura 3: Equipo para la medición de la intensidad del patrón de difracción en función de la posición

luz (en unidades arbitrarias²). El posicionador posee un sistema digital que permite variar la posición en décimas de milímetro. Coloque el cero del sistema digital en la parte central del patrón de difracción, es decir $y = 0$. Represente los resultados medidos en un gráfico I vs posición. Estos deben seguir la relación (3). Manteniendo fijo el valor de L repita el procedimiento anterior, pero esta vez coloque el alambre delgado suministrado en el mismo lugar de la ranura.

6. Compare los patrones de difracción del alambre y la ranura. Discuta sus resultados.

²La intensidad de la luz registrada por el fotosensor es directamente proporcional a la lectura en voltios registrada por el voltímetro. En nuestro caso, no medimos intensidad de la luz directamente, sino una cantidad (voltaje) que es directamente proporcional a la intensidad.