



Laboratorio 4: Interferencia y Difracción por rendijas.

Objetivos Generales

- Comprender la naturaleza ondulatoria de la luz.
- Estudiar la difracción de la luz cuando un frente de onda se encuentra con un obstáculo.
- Analizar la dependencia del tamaño de los máximos de difracción en función del tamaño del obstáculo.
- Estudiar la interferencia de la luz proveniente de 2 fuentes de ancho finito.
- Analizar los cambios producidos en la figura de interferencia al variar el ancho y/o separación de las rendijas.

Introducción

En 1801 Thomas Young realizó un experimento que no tenía explicación si se pensaba que la propagación de la luz estaba descrita como el movimiento de partículas en línea recta a través del espacio. Hasta ese momento esta descripción servía perfectamente para entender la reflexión y la refracción de la luz cuando la misma incidía en un medio con un cambio de índice de refracción (Ley de Snell).

El experimento que realizó Young consistía en hacer incidir un frente de onda luminoso sobre 2 rendijas de ancho despreciable, y observar la luz que se transmitía a través de las rendijas en una pantalla (Figura 1).

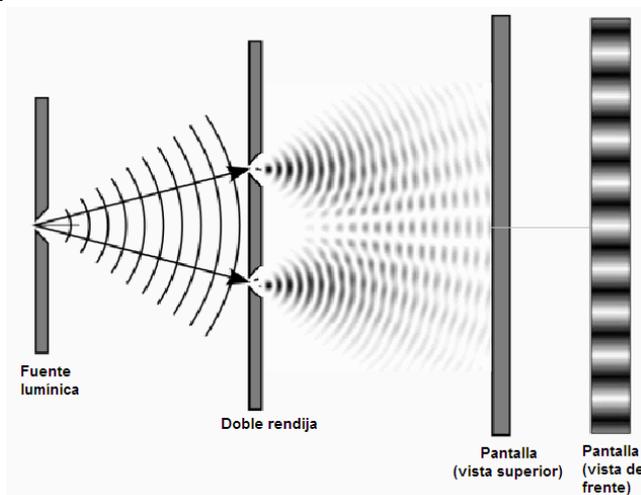


Figura 1: Esquema del experimento de Young.

Si pensamos a la luz como partículas que se mueven siguiendo trayectorias rectas, se debería observar sobre la pantalla 2 marcas luminosas con formas similares a las rendijas por donde pasaron. Sin embargo, al hacer el experimento Young observó que aparecían franjas brillantes y oscuras alternadas sobre la pantalla, las cuales abarcaban un ancho mucho más grande que la propia separación entre las rendijas que las producían. Además, cuando se cubría una de las dos rendijas del experimento, puntos que aparecían iluminados sobre la pantalla se volvían oscuros y sólo se observaba una marca luminosa sobre la pantalla. Young se dio cuenta que su experimento podía ser explicado si se pensaba a la luz como ondas que se propagaba por el espacio entre las 2 rendijas y la pantalla. Esto dio origen a una reinterpretación del comportamiento de la luz en lo que se denominó posteriormente óptica ondulatoria.

Similarmente, la difracción es la desviación que sufren las ondas alrededor de los bordes cuando un frente de onda es obstruido por un objeto de dimensiones cercanas a la longitud de onda de la luz. Este objeto puede ser una rendija delgada (la cual permite que sólo pase una porción del frente de onda a través de ella), o un obstáculo el cual no permite que el frente de onda pase a través de él, y sólo puede pasar por los costados del mismo. En cualquiera de estos casos, similarmente a lo observado por Young, luego que los rayos incidían sobre el obstáculo, se observaba en una pantalla una figura con máximos y mínimos. La diferencia principal, es que no se necesitan de dos o más obstáculos para producir la imagen de máximos y mínimos. La difracción es otra de las consecuencias de la naturaleza ondulatoria de la luz, y puede analizarse mediante el empleo del principio de Huygens, considerando que cada punto del frente de onda sobre la apertura es una fuente puntual de luz. En 1816 Augustin-Jean Fresnel elaboró la teoría para estudiar el fenómeno de la difracción de campo cercano, la cual posteriormente fue ampliada para campo lejano por Joseph von Fraunhofer.

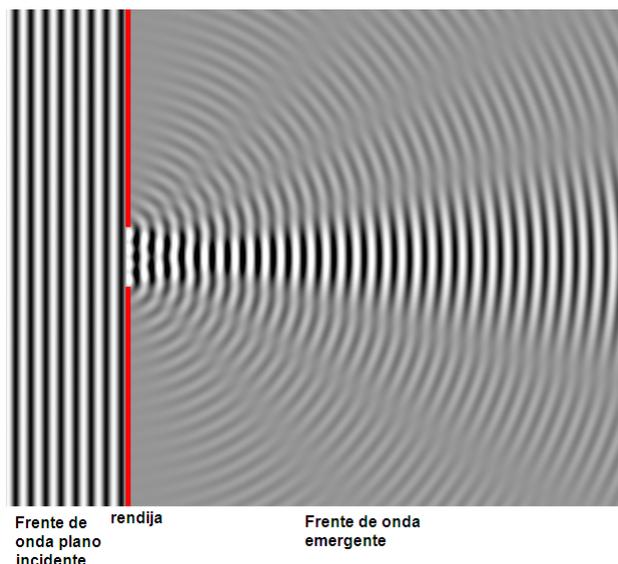


Figura 2: Esquema de las ondas incidentes sobre una rendija que actúa como obstáculo de las mismas para producir el fenómeno de la difracción.

Material:

- Banco óptico.
- Portacomponentes.
- Láser de He-Ne ($\lambda = 632 \text{ nm}$) (**IMPORTANTE: NO MIRAR DIRECTAMENTE LA LUZ DEL LÁSER**).
- Diapositivas con 4 rendijas simples de distinto ancho.
- Diapositivas con 4 rendijas dobles de distintas combinaciones de separación y ancho.
- Pantalla blanca milimetrada.

Parte A: Difracción

Procedimiento:

1. Colocar la diapositiva con las 4 rendijas simples en un portacomponentes y ubicarlo a aproximadamente 20 cm del láser. Desplazar lateralmente la diapositiva sobre el portacomponentes de forma que el haz del láser ilumine la rendija de ancho $a = 0,04 \text{ mm}$. Colocar en el extremo libre del banco óptico otro portacomponente con la pantalla blanca milimetrada. Observe la figura de difracción obtenida en la pantalla. Si lo desea, puede retirar la pantalla y observar la figura sobre una hoja de papel blanco la cual puede ubicar más allá del banco óptico. ¿Cómo varía el tamaño del máximo central a medida que la pantalla se coloca a diferentes distancias de la rendija? ¿Para una determinada posición de la pantalla, se observan cambios en la figura de difracción si modifica la distancia entre el láser y la rendija? Realice un dibujo que muestre en forma cualitativa cómo cambia la intensidad de la luz sobre la pantalla, e indique en la

misma cuánto vale el ancho del máximo central de difracción (mida la distancia rendija-pantalla para la medida que realizó).

- Dejando la pantalla (o la hoja de papel) en una posición fija y como mínimo a 1,5 m de las rendijas, mida la distancia sobre la pantalla desde el centro del máximo central y el centro del 1^{er} mínimo (hacia cualquiera de los dos lados). Este distancia es la denominada $Y_{1er\ min}$ y anótela en la Tabla 1. Repita el procedimiento de medida, pero ahora midiendo hasta el 2^{do} y 3^{er} mínimo ($Y_{2do\ min}$ e $Y_{3er\ min}$, respectivamente), anotando los valores obtenidos en la Tabla 1.
- Conociendo la distancia entre la rendija y la pantalla (D), calcule el *seno* del ángulo θ que forman cada uno de los 3 primeros mínimos con la línea perpendicular que une la rendija con la pantalla, (ver Figura 3). Anote los valores calculados en la Tabla 1.
- Cambie la rendija que se está iluminando por otra que tenga un ancho distinto (elija la que a su criterio se observe mejor sobre la pantalla). Repita las mediciones de las distancias y calcule los *senos* de los ángulos para los 3 primeros mínimos. Anote los resultados en la Tabla 1.

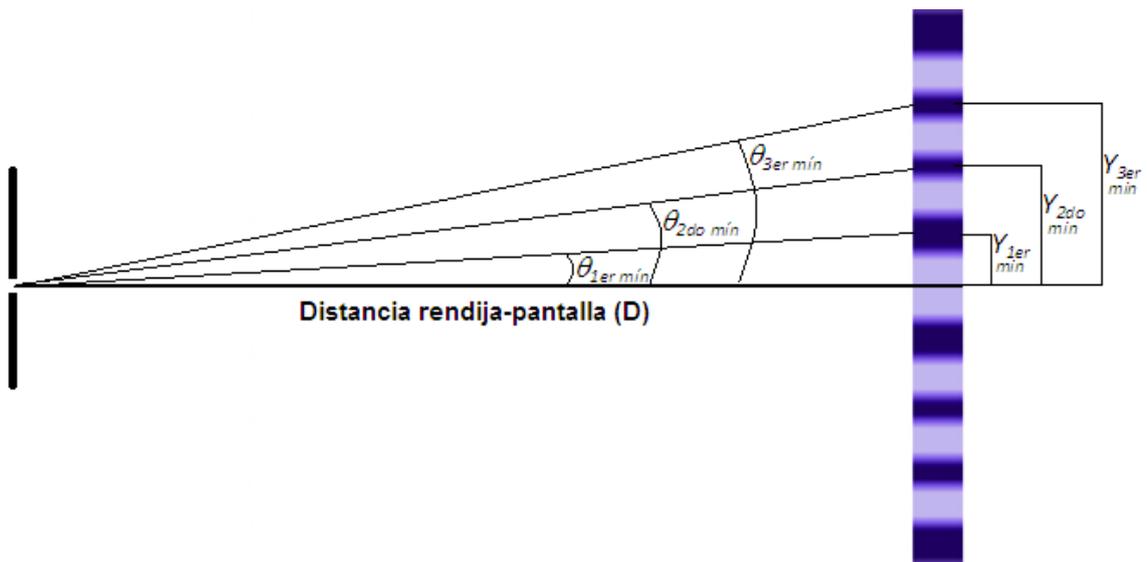


Figura 3: Esquema de las distancias y ángulos formados entre el máximo central y los distintos mínimos de difracción.

Ancho de la rendija "a" (mm)	λ/a	$Y_{1er\ min}$ (mm)	$Y_{2do\ min}$ (mm)	$Y_{3er\ min}$ (mm)	$sen(\theta_{1er\ min})$	$sen(\theta_{2do\ min})$	$sen(\theta_{3er\ min})$

Tabla 1: Valores de las distancias y ángulos a los distintos mínimos del patrón de difracción para 2 anchos de la rendija distintos.

- Compare el valor de $Y_{1er\ min}$ obtenido con la primera rendija y con la segunda. ¿Cómo cambia el tamaño del máximo central con el ancho de la rendija que lo produce?
- Compare el valor calculado del cociente λ/a con el valor obtenido del $sen(\theta_{1er\ min})$. A continuación compare λ/a con $sen(\theta_{2do\ min})$ y $sen(\theta_{3er\ min})$, ¿qué relación encuentra cuando los compara? ¿Cómo puede expresar en forma general la relación entre el $sen(\theta)$ que forma un determinado mínimo, en función de λ y a ? Complete la igualdad:

$$sen(\theta) =$$

Parte B: Interferencia + difracción

Procedimiento:

1. Cambie la diapositiva que tiene las rendijas simples por la que tiene las rendijas dobles, manteniendo la misma distancia rendija-pantalla que usó en la parte A. En estas condiciones haga incidir el láser sobre el par de rendijas de ancho $a = 0,04$ mm y separación entre rendijas $d = 0,25$ mm (anote los valores de a y d en la Tabla 2). ¿Qué diferencias y similitudes encuentra en lo que se observa en la pantalla en comparación cuando se iluminaba una sola rendija?
2. ¿Cuales se las zonas brillantes y oscuras corresponden a máximos y mínimos de interferencia? Identifique cuales son los mínimos que difracción.
3. Mida el ancho del máximo central de difracción y anote el resultado en la Tabla 2. Compárelo con el valor que había obtenido cuando realizó esta medida usando una sola rendija con este mismo ancho ($a = 0,04$ mm).
4. Cunte la cantidad de máximos de interferencia que entran en el máximo central de difracción, y anote su resultado en la Tabla 2.
5. Cambie el par de rendijas iluminadas por las que posean un ancho de $0,04$ mm (igual a las anteriores) pero que ahora estén separadas al doble de distancia ($0,5$ mm). ¿Qué diferencia observa en la pantalla comparando con el caso anterior? Mida el ancho del máximo central de difracción, anótelos en la Tabla 2 y compárelo con el obtenido en el punto 3.
6. Cunte la cantidad de máximos de interferencia que entran en el máximo central de difracción, y anote su resultado en la Tabla 2 (si lo desea puede alejar la pantalla para contar mejor, ya que la cantidad de máximos que encuentre no depende de esta distancia).
7. ¿El efecto de cambiar la separación entre las rendijas, manteniendo el ancho de cada una constante, afecta a la difracción, a la interferencia o a ambos fenómenos?
8. Ahora cambie el par de rendijas iluminadas por las que posean un ancho de $0,08$ mm (el doble que las anteriores) y que estén separadas la misma distancia que en el caso anterior ($0,5$ mm). Con la pantalla a la distancia que usó en el punto 3, mida el ancho del máximo central de difracción, anótelos en la Tabla 2 y compárelo con el obtenido cuando usó la rendija de ancho $0,04$ mm.
9. Cunte qué cantidad de máximos de interferencia que entran en el máximo central de difracción, y anote su resultado en la Tabla 2.
10. ¿El efecto de cambiar el ancho de las rendijas, manteniendo la separación constante, afecta a la difracción, a la interferencia o a ambos fenómenos?

d (mm)	a (mm)	d/a	Ancho del máx. central de difrac. (mm)	N° de máxs. de interf. dentro del máx. central de difrac.

Tabla 2: Ancho del máximo central de difracción y cantidad de máximos de interferencia en el máximo central de difracción, para distintas combinaciones de ancho (a) y separación (d) de rendijas.

11. Con los datos de sus medidas que figuran en la tabla 2, encuentre una relación entre d/a y el N° de máximos de interferencia dentro del máximo central de difracción. Escriba la relación encontrada y compárela con la obtenida de los cálculos del ejercicio correspondiente de la práctica 9.