



Experimento 5: Interferencia y Difracción

Objetivo:

Estudiar empíricamente fenómenos de interferencia y difracción de la luz, comparando con cálculos teóricos realizados usando los parámetros experimentales.

Materiales:

- Láser continuo ($\lambda = \sim 673 \text{ nm}$ o $\lambda = 532 \text{ nm}$)
- CD
- Diapositivas con una ranura y dos ranuras paralelas
- Huincha de medir
- Papel milimetrado
- Computador
- Teléfono celular
- Software *imageJ*: <https://imagej.nih.gov/ij/download.html>

Introducción:

Entre las principales manifestaciones de la naturaleza ondulatoria de la luz están el que ésta experimenta fenómenos de interferencia y difracción.

Si un haz de luz monocromático y colimado incide sobre una ranura angosta de ancho a y alto $h \gg a$, la distribución angular de intensidad $I(\theta)$ al otro lado de la ranura y sobre un plano a la altura media de la ranura y a distancia de ésta $l \gg a$, está dada por la relación

$$I(\theta) = I(0) \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \quad (1)$$

donde

$$\alpha = \frac{ka}{2} \sin \theta \quad \text{y} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2)$$

siendo λ la longitud de onda del haz de luz monocromático. La distribución angular de luz corresponde al fenómeno de difracción.

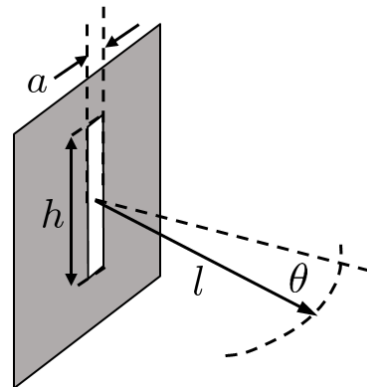


Figura 1: Difracción por ranura angosta.

Si un haz de luz monocromático y colimado incide sobre dos ranuras angostas, separadas una distancia b , de ancho a y alto $h \gg b$, la distribución angular de intensidad $I(\theta)$ al otro lado de la ranura y sobre un plano a la altura media de la ranura y a distancia de ésta $l \gg a$ y $l \gg b$, está dada por la relación

$$I(\theta) = 4I_0 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \cos^2 \beta \quad (3)$$

donde

$$\beta \equiv \frac{kb}{2} \sin \theta \quad (4)$$

estando k y α dados por las ecuaciones 2.

En la ecuación 4 el término en $\sin \alpha$ corresponde, al igual que en el caso de una sola ranura, a los efectos de difracción, y el término en $\cos \beta$ da cuenta de la interferencia entre las dos ranuras.

En ambos casos, las condiciones $l \gg a$ y $l \gg b$, corresponden a la Condición de Fraunhofer.

La distribución angular de intensidad sobre una pantalla ubicada a distancia l de las ranuras es el resultado del *Experimento de Young*.

Cuando se tiene un sistema de muchas ranuras angostas paralelas se tiene una configuración equivalente a una *Red de Difracción*. La figura 3 muestra esquemáticamente una red de difracción por reflexión. La separación entre ranuras es a . Si un haz de luz colimado y monocromático, con longitud de onda λ , incide sobre la red en ángulo θ_i con la normal, como resultado de la difracción se generan haces reflejados, adicionales al especular correspondiente al índice $m = 0$, que se propagan a ángulos θ_{max} respecto de la normal, que satisfacen la condición

$$a(\sin \theta_{max} - \sin \theta_i) = \pm m\lambda \quad (5)$$

Experimentos:

Experimento 1: Medición del ancho de surco en un disco compacto (CD).

- Usando un láser arme el montaje que muestra la figura 4.
- Mida el ángulo de incidencia y los ángulos correspondientes a los órdenes de difracción que observe.

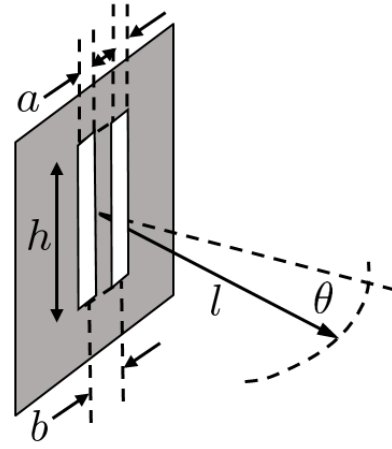


Figura 2: Difracción e interferencia por dos ranuras angostas.

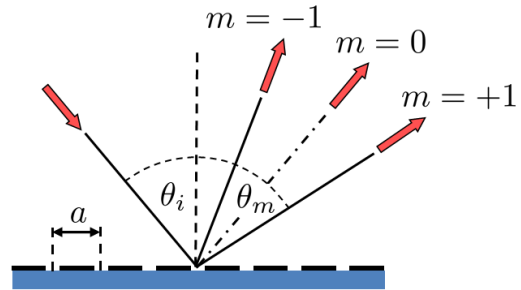


Figura 3: Dispersión angular en una red de difracción por reflexión.

- c) Use los valores medidos y la longitud de onda del láser para determinar el ancho de surco.
- d) Compare el valor encontrado con información disponible sobre características físicas de CDs.

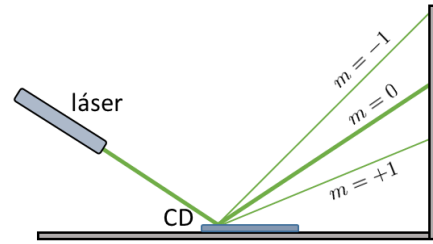


Figura 4: Montaje experimental para medir ancho de surco de CD.

Experimento 2: Difracción por una ranura angosta.

Procedimiento Experimental:

- a) Arme el montaje óptico que muestra la figura 5, con una diapositiva con una sola ranura.
- b) La distancia l entre la diapositiva con la ranura y la pantalla debe ser del orden de 2 m.

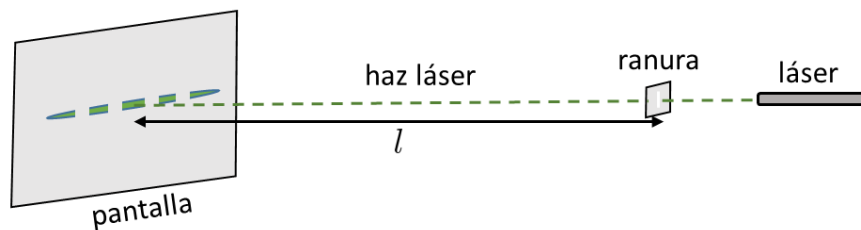


Figura 5: Montaje experimental para experimento de difracción por ranura angosta.

- c) Alinee el láser de modo tal que sobre la pantalla se observe el patrón de difracción.
- d) Tome una foto del patrón.
- e) Ponga papel milimetrado sobre la pantalla y tome una foto. Esto servirá como calibración para medir distancias.
- f) Para procesar la imagen cargue el software *imageJ* en un computador.

Procesamiento de imágenes:

- a) Abra la imagen del papel milimetrado en ImageJ.
- b) Seleccione la herramienta *straight*
- c) En *Image* seleccione *Adjust* y luego *Line width...* y fíjelo en 10 píxeles, como muestra la figura 6.
- d) Trace una línea en la imagen que tenga una extensión de 20 o 30 mm, registre los píxeles correspondientes y use ese valor para determinar los pixel/mm en sus imágenes.

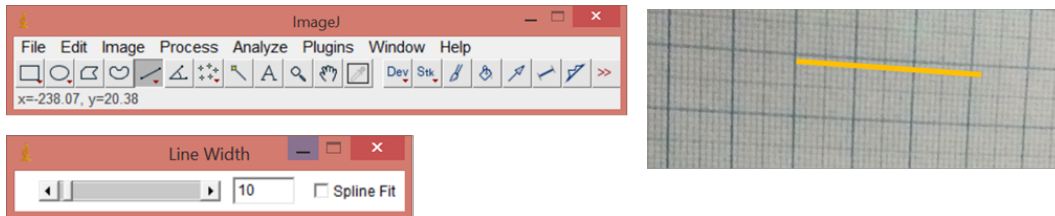


Figura 6: Calibración espacial.

- e) Abra la imagen correspondiente al patrón de difracción.
- f) Traze una recta sobre la parte central del patrón a todo su largo, como muestra la figura 7.
- g) Seleccione la herramienta *Analyze* y luego *Plot Profile*, para obtener una imagen similar a la de la figura 8.
- h) Presione *list* para acceder a una tabla de valores *pixel vs nivel de gris* y cópiela.
- i) Pase la tabla alguna aplicación como *Excel* y aplique el factor de calibración espacial.
- j) Genera un gráfico *Intensidad de Luz vs distancia* para el patrón de difracción.
- k) Usando las dimensiones del patrón y la distancia de éste a la ranura, obtenga un gráfico *Intensidad luminosa vs ángulo*
- l) Use la ecuación 3 para obtener una medida del ancho de la ranura.
- m) Usando el ancho de ranura y la longitud de onda del láser, genere un patrón teórico de la luz difractada usando la ecuación 1 y compare con el resultado experimental.

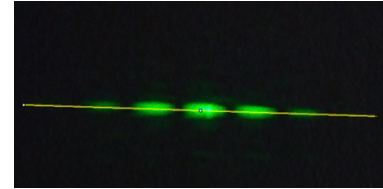


Figura 7: Patrón de difracción, usando láser con $\lambda = 532 \text{ nm}$, con línea superpuesta.

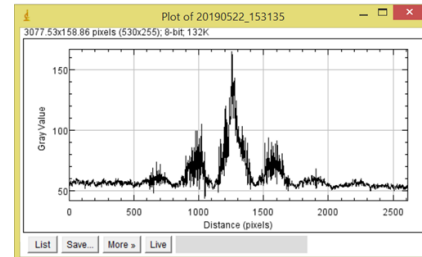


Figura 8: Perfil de niveles de gris (intensidad luminosa) del patrón de difracción.

Experimento 3: Experimento de Young.

Procedimiento Experimental:

- a) Arme nuevamente el montaje óptico que muestra la figura 5, ahora co una diapositiva con dos ranuras paralelas.
- b) La distancia l entre la diapositiva y la pantalla debe ser del orden de 2 m.
- c) Alinee el láser de modo tal que sobre la pantalla se observe el patrón de difracción como el que muestra la figura 9.
- d) Tome una foto del patrón, como la que muestra la figura 9-a.

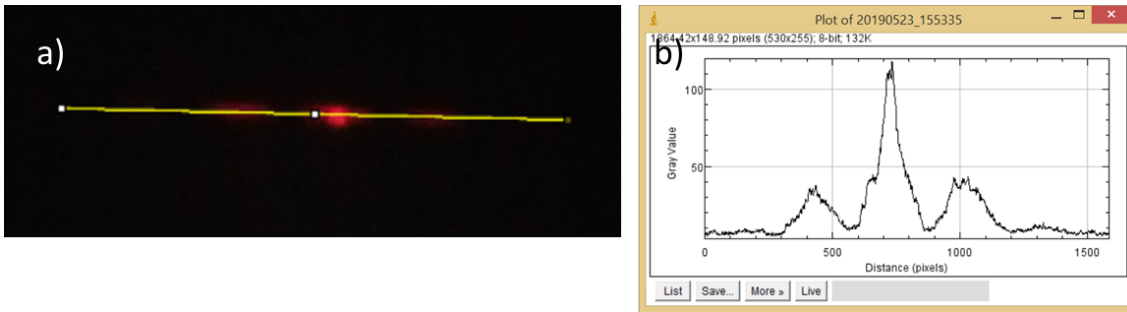


Figura 9: a) Patrón de difracción en el Experimento de Young, usando láser con $\lambda = 672.6$ nm, b) Perfil de intensidad luminosa del patrón de difracción.

- e) Repita el procedimiento del Experimento 2 para obtener un gráfico *Intensidad luminosa vs ángulo*, como el que muestra la figura 9-b.
- f) Usando la información sobre ancho y separación de ranuras disponible en la diapositiva, genere un patrón teórico de la luz difractada usando la ecuación 3 y compare con el resultado experimental.