

FISICA II

Trabajo Práctico N° 9:

Óptica Física I: Interferencia y difracción

Conceptos básicos para el desarrollo del Trabajo Práctico:

- Difracción: ¿qué sucede cuando una onda plana atraviesa una ranura angosta? Patrón de difracción.
- Interferencia: ¿cuándo dos fuentes son coherentes? Patrón de interferencia de 2 y de N fuentes coherentes (o rendijas) de luz monocromática.
- Efecto del ancho de las rendijas sobre el patrón de interferencia.
- Espectros: efecto de iluminar con luz de varias longitudes de onda o con luz blanca.

Preguntas

- 1) Si se hace incidir un haz paralelo por una ranura suficientemente ancha como para que no aparezcan efectos de difracción, ¿cómo es el ancho de la zona iluminada comparado con el ancho de la rendija?
- 2) Si la rendija es angosta (aparece difracción), ¿cuál es la condición de mínimo de difracción y cómo es el ancho de la zona central iluminada? ¿Cómo varía ese ancho si la rendija es mas angosta? Examine los parámetros de los que depende el fenómeno. ¿En qué caso no se observaría ningún mínimo de difracción?
- 3) ¿Cuál es la condición de máximos de interferencia para dos rendijas?, ¿y para N? ¿Cómo varían con la longitud de onda de la luz?, ¿y con la distancia entre rendijas?
- 4) Considerando dos ranuras rectangulares de ancho a separadas una distancia d , ¿cómo resulta la imagen de intensidades en una pantalla lejana para: $d \gg a$ y para $d = 4a$? ¿En qué varía la imagen al iluminar más de 2 ranuras (red)?
- 5) Al iluminar una red de difracción con luz blanca, ¿Qué se observa en una pantalla lejana? ¿Qué es un espectro? ¿Qué se entiende por el orden de un espectro?
- 6) Se tienen dos redes de igual separación entre ranuras, pero con diferente cantidad de ranuras iluminadas, ¿Cuál de ellas resolverá mejor los diferentes colores?

Objetivo 1

Obsevar el patrón de difracción de una única ranura rectangular atravesada por luz monocromática. Determinar el ancho a de la ranura.

Problema Introdutorio:

Una onda plana monocromática de 633.0 nm de longitud de onda incide perpendicularmente sobre una pantalla opaca que tiene una abertura rectangular larga y angosta.

- a) Describir el diagrama de difracción que se observa sobre una pantalla ubicada a 0.80 m de la rendija.
- b) Si toma la posición angular para mínimos de varios órdenes, analizar cómo podría graficar sus resultados para obtener el ancho a de la ranura a partir de un ajuste de estos datos. Mencionar todas las mediciones necesarias y estimar el error que se comete.

Materiales

- Láser de He-Ne. Long. de onda: 633.0 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$)
- “Gato” elevador para posicionamiento vertical del láser
- Dispositivo de rendija rectangular de apertura variable
- Banco óptico
- Regla milimetrada.

- Simulación *Interferencia de Ondas*, disponible en:
<https://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-interference>

Método

Con el láser montado sobre un “gato” elevador se proyecta el haz de luz sobre una rendija rectangular. El haz transmitido se proyecta sobre una pantalla lejana ($L \gg a$).

- Observando el patrón de difracción en la pantalla, determinar si las regiones iluminadas tienen el mismo ancho.
- Aumentar y disminuir el ancho de la rendija y observar los efectos que se producen en el patrón de difracción.
- Una vez elegido el ancho de rendija, con el propósito de determinar su ancho a :
- Medir sobre la pantalla las posiciones X_n correspondientes al centro de cada mínimo de intensidad. Medir la distancia L entre rendija y pantalla.
- Calcular la ubicación angular de cada mínimo ($X_n/L = \text{tg}\theta_n$) y graficar $\text{sen}\theta_n$ en función del número de orden n (NOTA: el orden de los mínimos de difracción también se suele indicar con la letra m).
- Utilizando la simulación *Interferencia de Ondas* (instaladas en las PC del laboratorio), también disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-interference>
- Utilizando una única ranura –rectangular o circular- modifique las dimensiones de la ranura y observe cada vez el patrón en la pantalla. ¿Ocurren cambios en el patrón? Explique lo observado.
- Modifique la longitud de onda de la radiación, observe el patrón y explique lo observado.

Resultados y discusión

- Explique qué cambios se observan en el patrón de difracción al variar la apertura de la rendija. Justifique lo observado.
- Imprima la gráfica $\text{sen}\theta_n$ vs. número de orden n , con su ajuste. Exprese correctamente el resultado de la ordenada al origen y de la pendiente. Determine el ancho a de la rendija expresando correctamente el resultado.

Objetivo 2

Obtener el patrón de intensidad producido por 2 rendijas. Determinar la distancia d entre rendijas.

Problema Introductorio:

Se iluminan dos rendijas de igual ancho a separadas una distancia d , con un haz monocromático de 633.0 nm de longitud de onda, y se observa que falta el tercer máximo de interferencia.

- Discutir la distribución de intensidad que se observa sobre una pantalla ubicada a 1.30 m.
- Hallar el cociente d/a .
- Determinar la separación entre las rendijas, si el primer máximo de interferencia se produce a 2 mm del máximo de orden cero.
- Determinar el ancho de las ranuras rectangulares.

Materiales

- Láser de He-Ne. Long. de onda: 633.0 nm
- “Gato” elevador para posicionamiento vertical del láser
- Placa con pares de ranuras rectangulares (usar primer y tercer par)
- Regla milimetrada
- Simulación *Interferencia de Ondas*, disponible en:
<https://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-interference>

Método

- Se iluminan con el láser 2 ranuras rectangulares de ancho a separadas una distancia d , de manera de observar en una pantalla lejana el diagrama de interferencia de ambas modulado por la difracción.
- Se identifica el máximo de orden cero y se mide la distancia entre cada máximo observado y el de orden cero.
- Se mide la distancia a la pantalla y se calculan los ángulos correspondientes a cada máximo.
- Se grafica $\sin\theta_m$ en función del número de orden m .
- Se determina d a partir de la pendiente y se expresa correctamente el resultado.

Utilizando la simulación *Interferencia de Ondas* (instaladas en las PC del laboratorio), también disponible en: <https://phet.colorado.edu/es/simulation/wave-interference>

- Utilizando 2 ranuras modifique las dimensiones de las ranuras y observe cada vez el patrón en la pantalla. ¿Ocurren cambios en el patrón? Explique lo observado.
- Modifique la distancia entre las ranuras y observe nuevamente el patrón en la pantalla, explique lo observado.
- Modifique la longitud de onda de la radiación que llega a las rendijas, observe el patrón y explique lo observado.

Resultados y discusión

- Haga un esquema de lo que se observa en la pantalla. Justifique lo observado a partir de la relación d/a .
- Imprima la gráfica $\sin\theta_m$ vs. número de orden m , con su ajuste. Exprese correctamente el resultado de la ordenada al origen y de la pendiente. Determine la separación d entre rendijas expresando correctamente el resultado.

Objetivo 3

Observar los patrones obtenidos al iluminar redes de difracción de distinto número de líneas/mm con luz monocromática y con luz blanca. Determinar el cociente d/a para una de las redes.

Problema Introductorio:

Se ilumina una red de difracción por transmisión con un haz **monocromático** cuya longitud de onda es 633.0 nm. Sobre una pantalla ubicada a 1.40 m se recoge el patrón de intensidades observando que el máximo de interferencia de 3^{er} orden se produce a 1.596 m del centro del máximo de orden cero.

- Calcular la separación entre líneas y el número de líneas/mm.
- En una **segunda experiencia** incide sobre la misma red un haz **policromático**.
- Calcular la separación angular entre dos colores consecutivos, por ejemplo azul ($\lambda = 450$ nm) y verde ($\lambda = 500$ nm) en el espectro de 1^{er} orden.
- Determinar la posición sobre la pantalla de ambas bandas coloreadas en el 1^{er} orden respecto del centro del máximo de orden cero, y la separación entre ellas. (Suponer que se mantiene la distancia de la red a la pantalla).
- Determinar el poder resolvente de la red, si el ancho del haz de luz es de 2 mm.

Materiales

- Láser de He-Ne. Long. de onda: 633.0 nm
- Regla milimetrada
- Redes de distintos n (líneas/mm)
- Lámpara de luz blanca montada sobre el banco óptico.
- Lámpara de luz bajo consumo montada sobre el banco óptico
- Fuente de alimentación conectada a 12 V (enchufes extremos de la fuente).

Método

- a) Se observa el patrón que se produce en una pantalla ($L = 1$ m) cuando se ilumina una red de n_1 líneas/mm con luz monocromática (633.0 nm). Se identifica cuáles máximos no se ven y se determina d/a .
- b) Se calcula el número de líneas/mm de la red a partir de la posición angular del máximo de orden 1.
- c) Se repite la operación con redes de mayor número de líneas/mm (n_2 y n_3 líneas/mm).
- d) Se observa con la red de mayor número de líneas/mm la descomposición espectral de luz blanca usando la lámpara con una fuente de 12 V. Se analiza la posición de la banda roja y se la compara con la obtenida previamente a partir de luz de láser.
- e) Se observa con la red de mayor número de líneas/mm la descomposición espectral de luz proveniente de una lámpara de bajo consumo.

Resultados y discusión

- Explique cómo calculó la relación d/a a partir del patrón observado para la primera red e indique su valor.
- Enuncie los cambios observados en la posición de máximos de interferencia al aumentar el número de líneas/mm de la red. Justifique.
- Explique cómo varía la posición de los máximos de interferencia para un dado orden a medida que aumenta la longitud de onda. Deduzca cómo usaría esto para calcular λ de una radiación desconocida.
- Para una misma red, informe la posición angular obtenida para el máximo de orden 1 para el color rojo, en el caso de luz monocromática (láser) y luz blanca. Justifique el resultado.
- Enuncie las diferencias observadas entre el espectro de una lámpara común y una lámpara de bajo consumo.

Bibliografía

- Alonso, M., Finn, E.: "Física. Vol. II: Campos y Ondas", Fondo Educativo Interamericano, 1970.
- Gettys, W.E., Keller, F.J. y Skove, M.J.: "Física Clásica y Moderna", Ed. McGraw Hill, 1991.