

PRÁCTICA 2: DIFRACCIÓN DE LUZ POR UNA RENDIJA Y RELACIÓN CON EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE

OBJETIVO PRINCIPAL

Analizar la distribución de intensidad de la luz difractada por una rendija y utilizarla para comprobar el principio de incertidumbre de Heisenberg.

OBJETIVOS CONCRETOS

- Determinar experimentalmente la distribución de intensidad de la luz difractada sobre una pantalla, esto es, la intensidad de luz en función del ángulo de desviación y verificar que cumple la expresión teórica.
- Verificar que se cumple el principio de incertidumbre

FUNDAMENTOS FÍSICOS BÁSICOS

Difracción de luz por una rendija (difracción de Fraunhofer):

Según la teoría ondulatoria de la luz, el fenómeno de difracción se produce cuando una onda luminosa pasa a través de una rendija de tamaño del orden de la longitud de onda de la luz, de manera que la onda se desvía dando lugar en una pantalla (situada a una distancia de la rendija suficientemente grande) a una distribución que contiene un máximo de luz principal y varios máximos secundarios. Si la onda (suponiendo que es plana) incide perpendicularmente al plano de la rendija, la intensidad (o irradiancia), en función del ángulo de desviación ϑ (ángulo entre un punto dado de la distribución de intensidad y la perpendicular a la pantalla) está dada por

$$I(\vartheta) = I(0) \cdot [\text{sen}(\beta) / \beta]^2 \quad (1)$$

donde:

$$\beta = (\pi a / \lambda) \text{sen} \vartheta \quad (2)$$

siendo λ la longitud de onda de la luz y a la anchura de la rendija (ver figura 1).

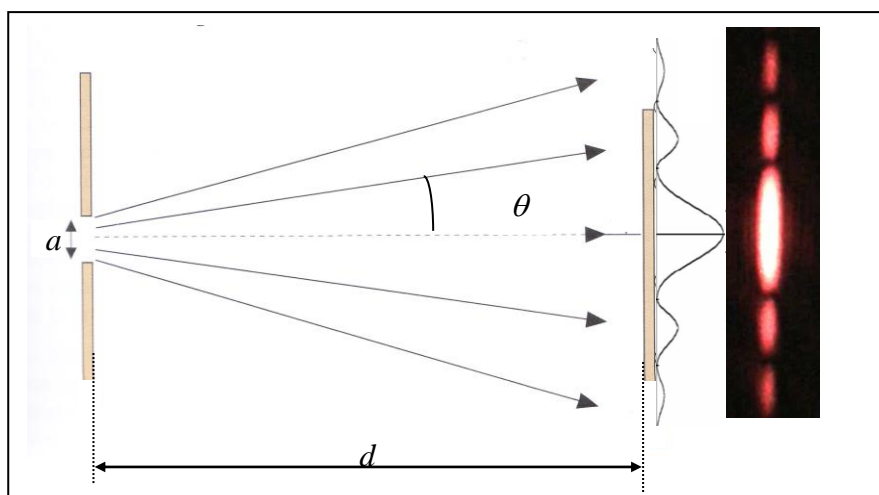


Figura 1 Difracción en una rendija

Principio de incertidumbre de Heisenberg

El principio de incertidumbre de Heisenberg establece que la posición x y el momento p_x de una partícula no pueden determinarse simultáneamente con precisión más elevada que la establecida por la expresión

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \sim h \quad (3)$$

donde h es la constante de Planck.

Es posible verificar que se cumple este principio analizando el experimento de difracción de un haz de luz por una rendija. Para ello se considera la naturaleza cuántica de la luz, de modo que los fotones de la luz harían el papel de las partículas a considerar en el principio de incertidumbre, siendo su momento lineal asociado $p = h / \lambda$.

MATERIAL

Láser de He-Ne ($\lambda=633\text{nm}$), rendija y soporte, pantalla, microscopio (para medir la anchura de la rendija), fotorresistencia (para medir la intensidad de la luz) y soporte, polímetro, cinta métrica, gato y listón graduado en milímetros.

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

1. Análisis de los fundamentos físicos de la práctica. Buscando información en la bibliografía, estudiar el fenómeno de difracción de Fraunhofer¹ y el principio de incertidumbre de Heisenberg² y contestar a las siguientes preguntas:
 - a. ¿Cuáles son las diferencias entre difracción de Fresnel y de Fraunhofer? Clarificar en qué condiciones se produce cada una de ellas.
 - b. Deducir matemáticamente las expresiones (1) y (2).
 - c. ¿Para qué valor angular debe observarse el primer mínimo (primer orden)? ¿Y el segundo?
 - d. Deducir cuanto debe valer la relación de intensidades entre el primer máximo secundario y el máximo principal.
 - e. Deducir como se puede verificar el principio de incertidumbre a partir del experimento de difracción por una rendija.
2. Revisar el material disponible para la práctica. Comprender como se utilizará cada elemento con vistas a realizar los experimentos necesarios para cumplir los objetivos. Concretamente debe comprenderse, previo a la realización de la práctica, lo siguiente:
 - a. Cómo debe ser el montaje experimental.
 - b. Cómo funciona una fotorresistencia y en base a eso entender cómo se relacionan los resultados que proporciona, con la intensidad de la luz que mide.
 - c. Cómo funciona el microscopio y como se utilizará para medir la anchura de la rendija.
3. Precauciones experimentales a considerar (MUY IMPORTANTE)
 - a. Láser. Conviene que el láser esté conectado unos 10 min antes de efectuar las medidas para que la potencia de salida se mantenga estable. Entretanto, obturar el haz con una pantalla próxima al aparato por motivos de seguridad. EVITAR QUE EL HAZ DEL LÁSER LLEGUE DIRECTAMENTE A LOS OJOS.

- b. Microscopio. NO TOCAR LA CARA ALUMINADA DEL ESPEJO DONDE ESTA RAYADA LA RENDIJA CON LOS DEDOS. NO TRATAR DE LIMPIAR LA SUPERFICIE YA QUE LO ÚNICO QUE SE CONSEGUIRÁ ES DAÑARLA.
- c. Fotorresistencia. Colocada sobre un soporte que debe poder deslizar sobre la regla graduada. Se conecta a un polímetro que nos dará valores de resistencia. Al medir debe esperar unos 5 s antes de tomar cada lectura, pues la respuesta del aparato es lenta.

4 Realización experimental básica

- a. Medir experimentalmente la distribución de la intensidad de la luz difractada por una rendija sobre una pantalla (desde el segundo mínimo de un extremo hasta el segundo mínimo del otro; medir dos veces, ida y vuelta). Para ello se dispone de un láser (fuente de luz) cuya luz se hace pasar a través de una rendija. El patrón de difracción se observa sobre una pantalla situada a una distancia adecuada. Mediante una fotorresistencia se determina la intensidad en distintas posiciones a lo largo del patrón de difracción.
- b. Medir la anchura de la rendija con un microscopio.

5 Análisis de los resultados obtenidos en el apartado 4

- a. Representar gráficamente la intensidad de luz medida experimentalmente en función de la desviación (el ángulo θ , ver Figura 1). Verificar que la relación de intensidades del primer máximo secundario y el máximo principal verifican lo esperado por la teoría. Verificar que el ángulo al que se observa el primer mínimo es el esperado por la teoría.
- c. Representar gráficamente la expresión teórica de la intensidad de luz (ecuaciones 1 y 2) utilizando el valor de anchura de la rendija a medido con el microscopio. Comparar con la expresión experimental.
- d. Utilizando los resultados del experimento verificar que se cumple el principio de incertidumbre.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

¹Por ejemplo libro “Optics” de E. Hecht, (editorial Wesley) u otro libro de Óptica de nivel similar.

²Cualquier libro de Mecánica Cuántica de nivel básico, por ejemplo Tipler