Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Universidad Nacional de Córdoba

Física General IV: Óptica

Práctico de Laboratorio N°6: Interferencia por una Doble Rendija

Objetivo: Verificación experimental de la naturaleza ondulatoria de la luz mediante la observación del patrón de interferencia generado por una dobre rendija.

Introducción: En 1801 Thomas Young realizó un experimento crucial cuyo resultado sólo puede explicarse asumiendo el caracter ondulatorio de la luz. Este experimento consiste en la división de un frente de ondas para formar dos haces coherentes, los cuales luego se superponen para que interfieran entre sí. La interferencia genera un patrón de intensidades de cuyo análisis se infieren aspectos cuantitativos relacionados con el fenómeno ondulatorio asociado con la luz.

Para realizar el experimento se utiliza una fuente de luz monocromática (de longitud de onda λ) la cual se diafragma con una larga y delgada rendija. El frente de ondas cilíndrico que emerge de esta rendija es espacialmente coherente debido a que proviene de una única fuente. Luego, se vuelve a diafragmar con un par de delgadas rendijas paralelas, separadas entre sí por una distancia d, y dispuestas simétricamente con respecto a la primera. Las aberturas a de las rendijas deben ser iguales a pocas veces la longitud de onda de la luz utilizada. Los segmentos del frente de onda primario que arriban a la doble rendija se encuentan así exactamente en fase, y las rendijas se convierten en emisores secundarios de nuevos frentes de ondas cilíndricas que guardan entre sí coherencia temporal. En la práctica puede omitirse la primer rendija, si se utiliza directamente el frente de ondas plano generado por un láser sobre la dobre rendija. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente la disposición geométrica del experimento.

Observando sobre una pantalla a gran distancia D de la doble rendija, los haces paralelos se superponen con amplitudes de oscilación practicamente iguales, generando un patrón de interferencia constituído por franjas verticales brillantes (interferencia constructiva) y oscuras (interferencia destructiva). La intensidad en un punto p de la pantalla está dada por

$$I = 4\,a^2\,\cos^2\frac{\delta}{2}\,, \tag{1}$$

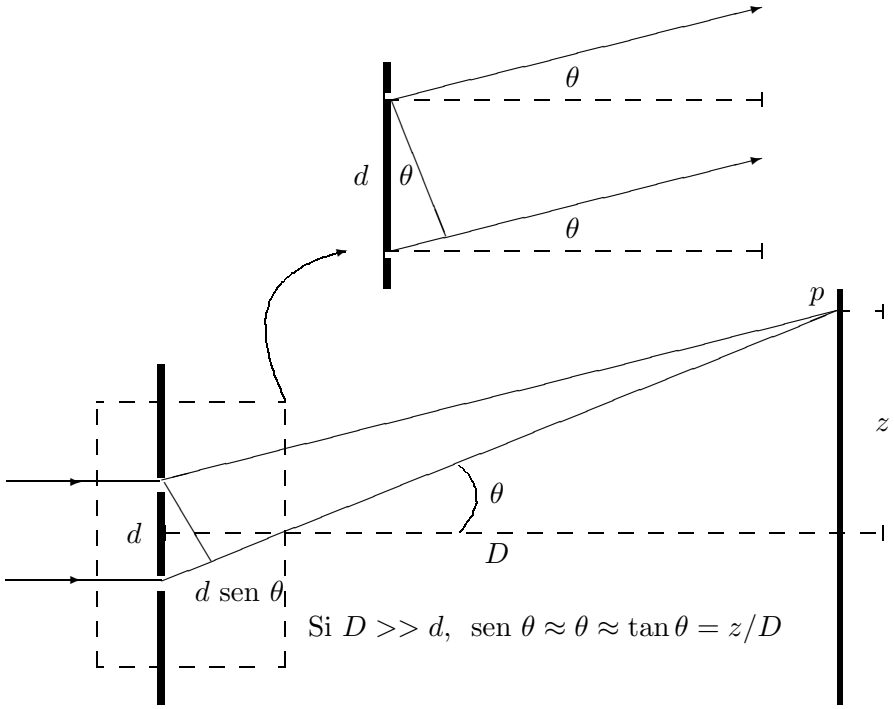

Figura 1: Esquema geométrico del esperimento de interferencia con una doble rendija.

donde a representa la amplitud de los trenes de onda de cada frente y δ es la diferencia de fase entre ellos, la cual puede expresarse en términos de la diferencia de camino óptico recorrido Δ según: $\delta = 2\pi\,\Delta/\lambda$. En la práctica se trabaja bajo la condición $D >> d$ (condición de Fraunhofer) por la cual la diferencia de camino óptico entre los dos haces puede expresarse (ver Fig. 1) como

$$\Delta = d\,\cos\theta \approx d\frac{z}{D}\,, \tag{2}$$

donde z es la distancia vertical del punto p en la pantalla al eje de simetría.

Los valores máximos de la intensidad se corresponden con $\delta = 2m\,\pi$ com m entero y por lo tanto la posición en la pantalla de las franjas brillantes es

$$z = m\,\lambda\,\frac{D}{d} \qquad \text{(franjas brillantes)}\,. \tag{3}$$

El entrero m que caracteriza la franja brillante se llama *orden* de interferencia. Los valores mínimos de la intensidad (nulos) se corresponden con la condición $\delta = 2\,(m+1)\pi$. Entonces las franjas oscuras se ubican en

$$z = \left(m + \frac{1}{2}\right)\,\lambda\,\frac{D}{d} \qquad \text{(franjas oscuras)}\,. \tag{4}$$

De acuerdo con estas expresiones, se obtiene que las franjas del mismo tipo están equiespaciadas en la pantalla con una separación dada por

$$\Delta z = \lambda \frac{D}{d} \,. \tag{5}$$

Sin embargo es importante mencionar que debido al fenómeno de difracción, las intensidades de las diferentes franjas brillantes no es uniforme como lo predice la Ecuación (1), si no que las franjas brillantes se desvanecen a medida que se incrementa el orden de difracción.

Desarrollo Experimental:

Experiencia 1: Utilizando un conjunto de dobles rendijas cuyas separaciones d son conocidas, medir la longitud de onda de un láser de He-Ne a partir de los patrones de interferencia sobre una pantalla distante. Discutir las fuentes de error en el experimento e identificar la principal. Comparar con el valor de tabla.

Experiencia 2: Utilizar como fuente de luz el láser de He-Ne para encontrar la separación d de una doble rendija incognita a partir de su patrón de interferencia, utilizando la disposición experimental de la práctica anterior.

Experiencia 3: Reproducir la experiencia de Young, en la cual se utiliza como fuente de luz (no láser) un filamento lineal diafragmado por un rendija delgada según lo descripto en la Introducción. En su disposición original, se utiliza una doble rendija colocada a una distancia grande de la fuente, revestida con un filtro de color. Se observa directamente con el ojo desnudo tratando de alinear la rendija de la fuente, con la doble rendija (dispuestas en planos paralelos) y el ojo. La imagen del patrón de interferencia se forma directamente en la retina y puede contrastarse contra una escala graduada en el plano de la rendija de la fuente, con el fin de medir la separación entre franjas. La Figura 2 muestra esquemáticamente la disposición geométrica de la experiencia. Por semejanza de triángulos se encuentra de manera inmediata que

$$\theta \approx \frac{h}{D} = \frac{h'}{D'} \tag{6}$$

Describir cualitativamente lo observado. Relatar que se observa si se utiliza luz blanca directamente sin el fitro de color, y que pasa si la doble rendija no se encuentra perpendicular a la línea de visión. Cambiar la distancia D' de la doble rendija a la fuente y observar que pasa con el patrón de interferencia, y declarar cual es la distancia óptima entre el ojo y la doble rendija para la mejor observación.

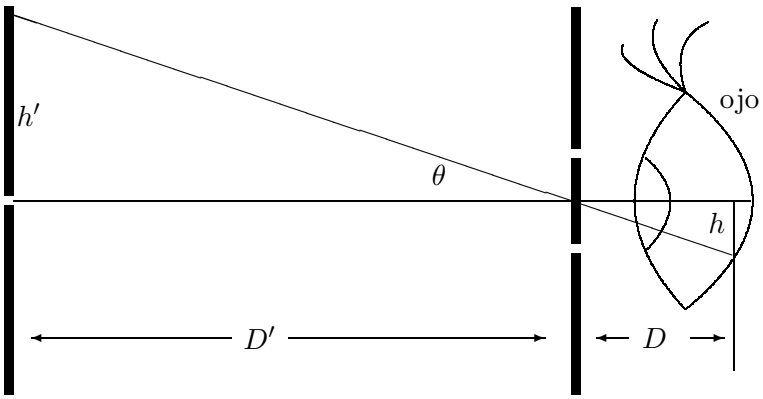

Figura 2: Esquema geométrico de la experiencia de Young.

Realizar la experiencia de forma cuantitativa con una rendija de distancia d conocida, para medir la longitud de onda de dos filtros de distinto color.

Bibliografía:

1. E. Hecht, *Optics*, Addison Wesley, Reading, MA (1998), 3ed.

2. F. A. Jenkins y H. E. White, *Fundamentos de Óptica*, Aguilar, Madrid (1964).

Fa.M.A.F ©2005