

Difracción e Interferencia

Walter Bussenius Cortada¹

Área de Física
Instituto de Matemática y Física
Universidad de Talca

Empleando los fenómenos de difracción por una ranura angosta e interferencia por dos ranuras, para la luz de un láser Helio-Neón, se mide la longitud de onda de la misma y se compara resultados esperados con mediciones a través de fotografías obtenidas con una cámara digital.

Los fenómenos de difracción e interferencia suelen producir confusión, esto debido a que muchos autores, cuando se estudia la interferencia producida por dos ranuras (experimento de Young), omiten la presencia de la difracción que producen las propias ranuras. En cambio cuando hacen comentarios de la difracción se refieren sólo a una ranura. La referencia 1 resulta ser un texto bastante aclaratorio, pues trata la interferencia para una doble rendija, luego la difracción generada por una sola rendija y finalmente la Interferencia-Difracción generada por dos rendijas.

En este trabajo se presenta las situaciones experimentales para estos casos, en cada uno se muestra la geometría asociada al experimento y el diagrama de intensidades asociado a él. Posteriormente, en el caso de la difracción por una ranura y la difracción e interferencia por dos ranuras se hace una comparación entre el diagrama de intensidades experimentales, obtenido mediante fotografías digitales y la curva que describe el modelo ondulatorio.

Interferencia por doble ranura:

Consideremos la interferencia producida por una doble ranura, la condición para que la interferencia en la pantalla sea constructiva es (ver figura 1):

$$d \sin \theta = n \lambda$$

en donde d es la separación entre las ranuras (que se consideran como emisores puntuales), L la distancia entre los emisores y la pantalla, x la posición del n ésimo máximo.

Al utilizar ondas de luz monocromática, el modelo de ondas predice que en la pantalla se observará zonas brillantes (interferencia constructiva) y zonas oscuras (interferencia destructiva), cuya intensidad varía muy levemente de una a la otra debido a que la distancia entre el punto P con S1 y S2 que son los puntos donde emerge la luz es muy pequeña y la intensidad de la luz solo se vería afectada por la mayor distancia que recorre.

Los valores de los parámetros utilizados fueron: $d = 0,065$ (cm); $\sin \theta = x/480$; $\lambda = 6,328 \exp(-5)$ (cm)

¹ Correo electrónico: wbussen@utalca.cl

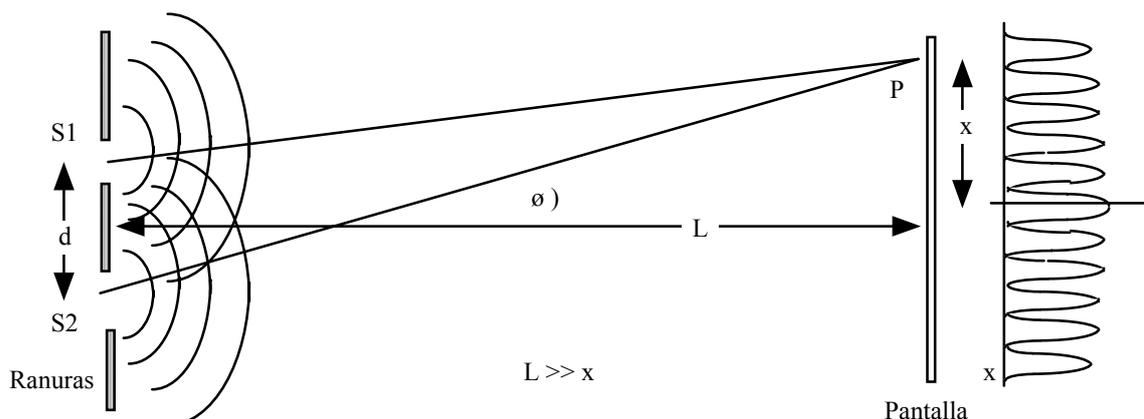


Figura 1

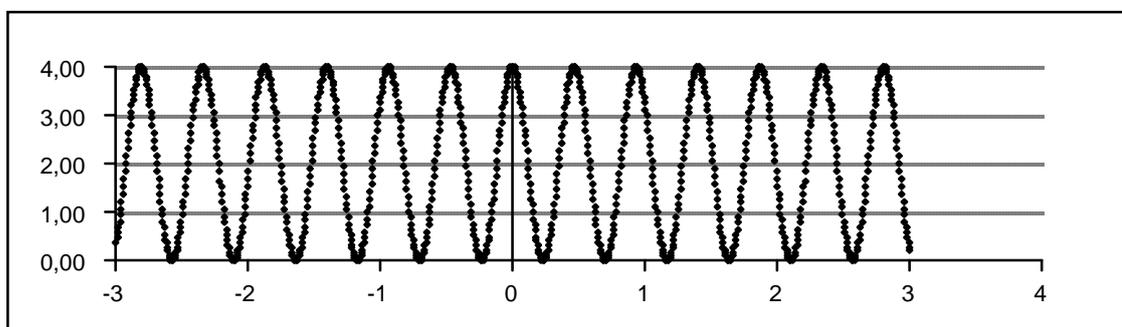
La intensidad en este caso viene dada por (ver ref. 1):

$$I = 4 I_0 \cos^2(\delta/2)$$

en donde:

$$\delta = 2 \pi (d/\lambda) \text{ sen } \theta$$

con esto, al usar los valores señalados, el diagrama de intensidad esperado es el que se muestra en el gráfico 1:



Difracción por una ranura:

Consideremos ahora la difracción producida por una ranura, éste fenómeno consiste en un ensanchamiento del haz de luz al pasar por una delgada ranura, se presenta un máximo en el centro cuya intensidad va decreciendo hacia los lados, además de presentan otros máximos de intensidad difíciles de observar debido a que poseen una intensidad significativamente menor que la presente en el máximo central, los cuales poseen también un ancho menor. Esta situación se bosqueja en la figura 2.

En este caso, la condición para la existencia de un mínimo de intensidad es:

$$a \text{ sen } \theta = m \lambda$$

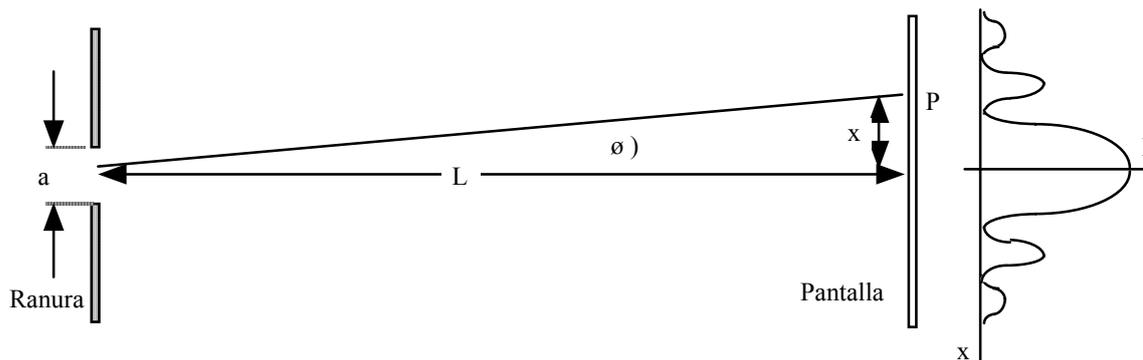


Figura 2

en donde λ es la longitud de onda de la luz empleada, a es el ancho de la ranura, θ el ángulo en que se forma el primer mínimo de intensidad, m el orden la la difracción considerada ($m = 1$ en nuestro caso, por ser primer mínimo) y x a la distancia entre el máximo central y el mínimo considerado.

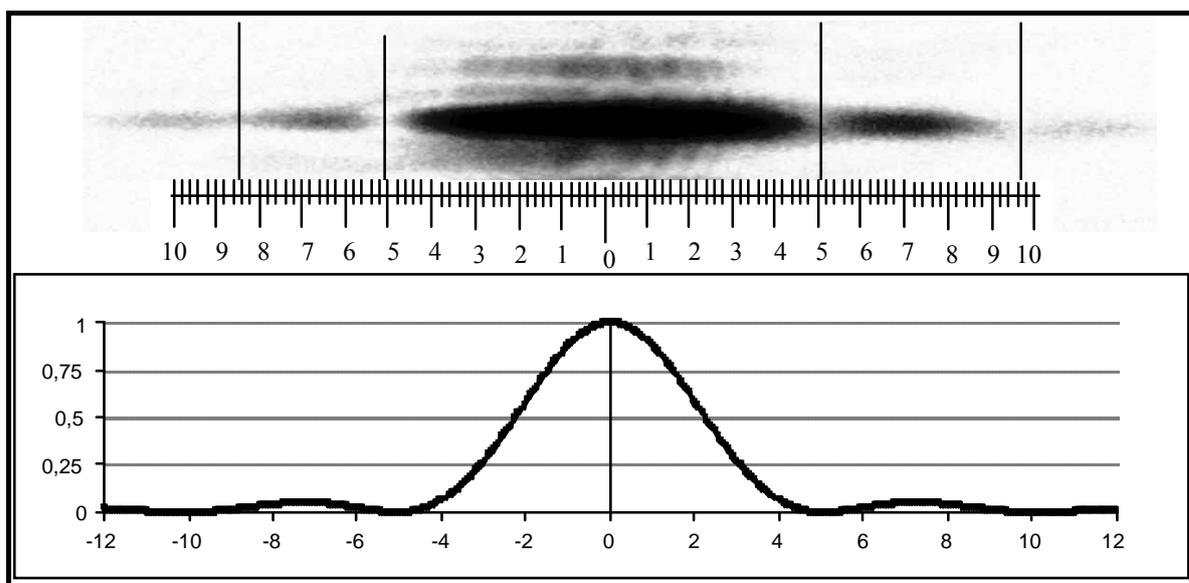
Para la intensidad en función del ángulo θ se tiene (ver ref. 1):

$$I = I_0 \left[\frac{\text{sen}(\beta/2)}{(\beta/2)} \right]^2$$

donde

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

A continuación se compara el diagrama de intensidad esperado con el observado y captado mediante una fotografía.



Con la información precedente estimaremos la longitud de onda de la radiación utilizada.

Usando la condición para mínimo de intensidad y los valores de los parámetros señalados:
 $a = 0,006$ (cm); $\text{sen } \theta = x/480$; $x = 9,9/2$ (cm); $\lambda = 6,328 \text{ exp}(-5)$ (cm)

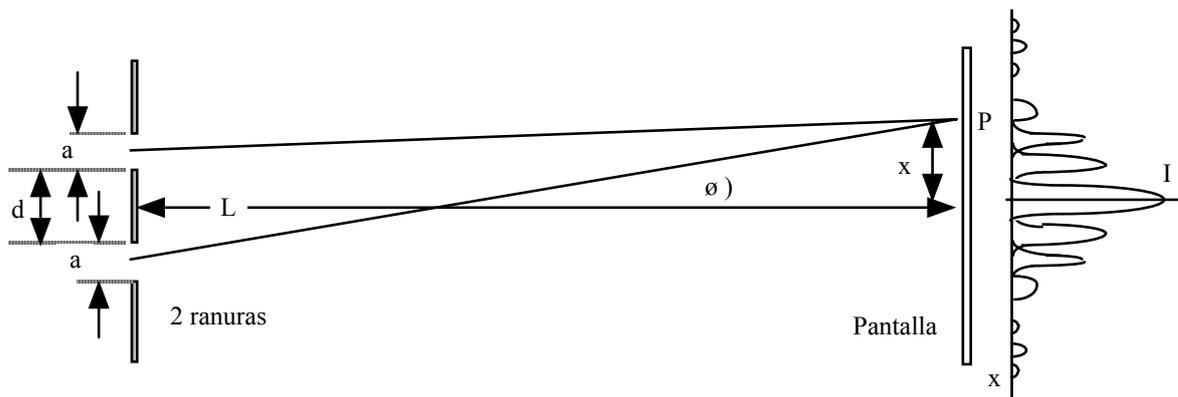
Se tiene para la longitud de onda:

$$\lambda = (a/m) \text{sen } \theta = (0,006/1) (9,9/2)/480 = 6,19 \cdot 10^{-5} \text{ (cm)}$$

valor cercano al esperado $6,328 \cdot 10^{-5}$ (cm) y que corresponde a la longitud de onda del láser Helio-Neón.

Diagrama de Interferencia-Difracción por dos rendijas:

Al tener dos ranuras muy juntas, en cada una de ellas se produce el fenómeno de difracción, no obstante, por tratarse de una misma onda que atraviesa ambas ranuras (coherencia), cuando la luz proveniente de ambas llega a una pantalla se produce el fenómeno de interferencia, generándose una superposición de ambos fenómenos, es decir se presenta un diagrama de interferencia modulado por uno de difracción y, dado que la distancia entre las ranuras es bastante mayor que la anchura de éstas, los máximos de interferencia están más juntos que los mínimos de difracción y por ende la intensidad de los máximos de interferencia varía de acuerdo al lugar en que se haya en el diagrama de difracción, esto se presenta en el diagrama siguiente:



La intensidad obtenida para esta situación viene dada por (ver ref. 1):

$$I = 4 I_0 \left[\frac{\text{sen}(\beta/2)}{(\beta/2)} \right]^2 \cos^2(\delta/2)$$

en dónde

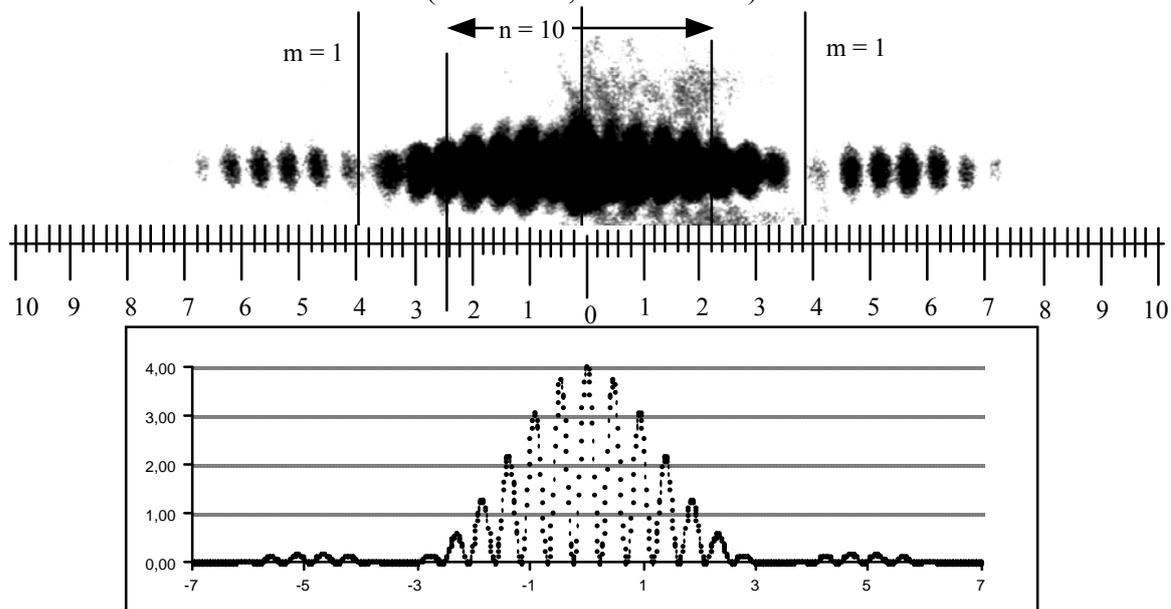
$$\beta = 2 \pi (a/l) \text{sen } \theta \quad \text{y} \quad \delta = 2 \pi (d/\lambda) \text{sen } \theta$$

A continuación se compara el diagrama de intensidad esperado con el observado y captado mediante una fotografía.

Con la información precedente estimaremos la longitud de onda de la radiación utilizada. Los valores de los parámetros en este caso son: $a = 0,008$ (cm); $d = 0,065$ (cm); $\text{sen } \theta = x/480$; $x = 4,7/2$ (cm); $n = 5$; $\lambda = 6,328 \text{ exp}(-5)$ (cm)

Usando la condición para máximo de intensidad por interferencia y considerando los 5

primeros máximos hacia cada lado (10 en total, 5 a cada lado) se tiene:



$$\lambda = (d/n) \text{ sen } \theta = (0,065/5) (4,7/2)/480 = 6,36 \cdot 10^{-5} \text{ (cm)}$$

valor cercano al esperado para el láser Helio-Neón: $6,328 \cdot 10^{-5}$ (cm).

En este caso también es factible obtener la longitud de onda a partir del diagrama de difracción, se tiene ($x = 7,4$ cm para $m = 1$;):

$$\lambda = (a/m) \text{ sen } \theta = (0,008/1) (7,4/2)/480 = 6,17 \cdot 10^{-5} \text{ (cm)}$$

Es importante señalar que si bien resulta fácil identificar los máximos de intensidad con bastante precisión, la ubicación de los mínimos nunca se logra con el mismo grado de precisión.

Discusión:

Se han planteado dos fenómenos que, si bien son diferentes, en muchas ocasiones se presentan juntos.

El presente trabajo pretende contribuir a clarificar la diferencia en los fenómenos y mostrar que el modelo ondulatorio de la luz permite explicarlos de manera adecuada.

Para el caso de interferencia pura planteado al comienzo no se contrastó con elementos concretos como una fotografía, esto debido a que se trata de una situación hipotética, pues en la práctica al pasar la luz por las ranuras es inevitable que sufra el fenómeno de difracción.

Las estimaciones de la longitud de onda resultan buenas para la interferencia, no obstante en la difracción el valor logrado discrepa del esperado en mayor medida.

Bibliografía

[1] Tipler, Paul - Mosca, Gene. Física para la Ciencia y la Tecnología. Volumen 2-C Edit. Reverté. España 2005.

