

TRABAJO PRÁCTICO N° 12

INTERFERENCIA

Introducción

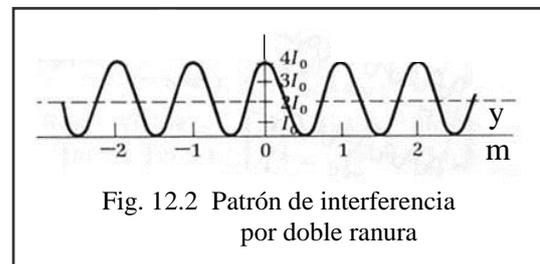
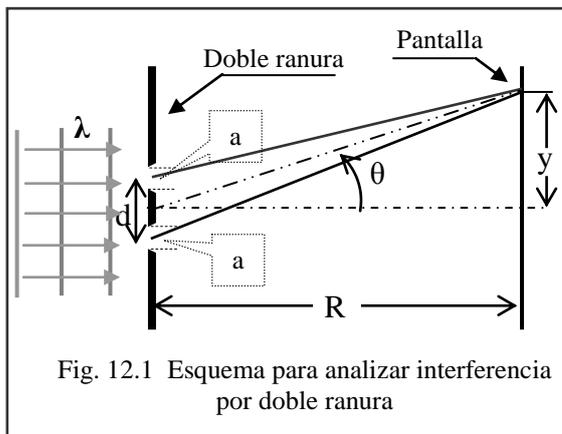
Interferencia es un fenómeno que se presenta en todo tipo de ondas; tiene lugar cuando en una región del espacio actúan dos o más ondas simultáneamente superponiendo sus efectos. En esta experiencia se ensayarán tres sistemas diferentes desde el punto de vista físico, lo que nos permitirá una visión más amplia y global de lo que es, en esencia, un solo fenómeno.

Interferencia de ondas electromagnéticas

Interferencia por doble ranura

Para una doble ranura a la que llega una onda electromagnética de frentes planos y de longitud de onda λ (Fig.12.1), se determina que las posiciones angulares θ para las cuales se ubican los máximos y mínimos de interferencia de las ondas que atraviesan el elemento, están dadas por las ecuaciones siguientes:

$$\text{sen } \theta_{\text{máx}} = m \frac{\lambda}{d} \quad ; \quad \text{sen } \theta_{\text{mín}} = \left(m + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{d} \quad ; \quad m = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3; \dots \quad (12.1)$$



Si bien estas relaciones son generales y se cumplen para cualquier λ y d , es evidente, para que los ángulos θ no se hagan indetectables por pequeños, que la separación d entre ranuras debe ser comparable en dimensiones a λ .

La Fig.12.2 muestra el patrón de interferencia por doble ranura.

Realizaremos dos ensayos de interferencia de ondas electromagnéticas, totalmente equivalentes desde el punto de vista físico, pero con una notoria diferencia de las dimensiones involucradas: uno con microondas ($\lambda \approx 10^{-2}$ m) y el otro con luz ($\lambda \approx 10^{-7}$ m).

Experiencia 12.1

Interferencia de microondas

Objetivo

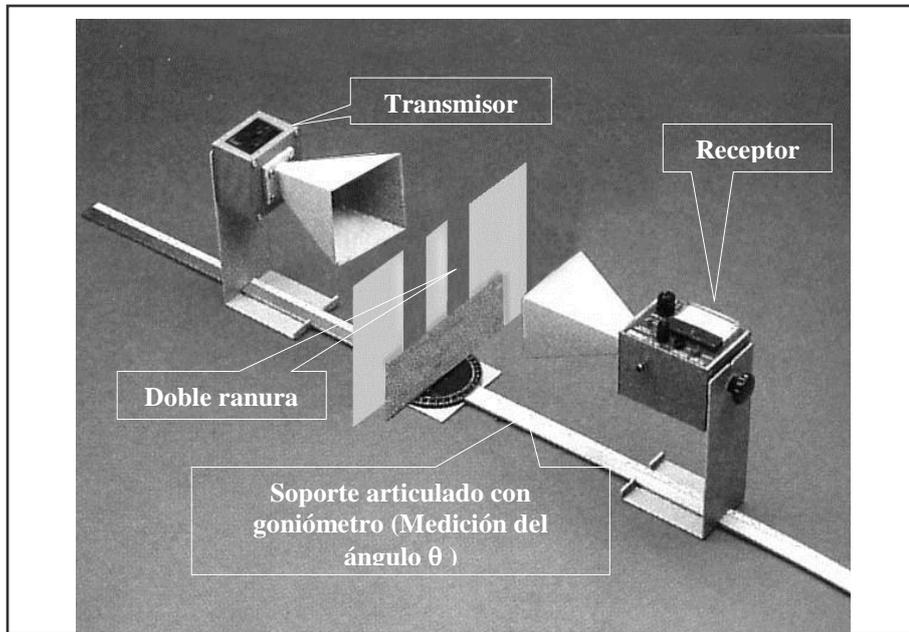
- Operando un equipo de microondas, determinar posiciones angulares de máximos y mínimos de interferencia por doble ranura.

Equipamiento

Transmisor y receptor de microondas ($\lambda = 2,85$ cm; demás especificaciones en Exp. 11.1).

Elementos para construir ranuras: base; dos chapas rectangulares metálicas que actuarán como reflectores y dos espaciadores de 6 y 4 cm.

Banco soporte para montaje de elementos; incluye brazo articulado con goniómetro.



Procedimiento

Preparación del equipo y ensayo preliminar.

Disponer el equipamiento como muestra la Fig. 12.3. Construir la doble ranura, instalando el espaciador de 6 cm de ancho y controlando que las ranuras queden iguales ($a=1,5$ cm). Ajustar transmisor y receptor disponiendo ejes de polarización coincidentes (0°). Alinear los elementos. Activar y **posicionar** (desplazándolo longitudinalmente) correctamente el transmisor de manera que, ajustando el medidor del receptor, M señale fondo de escala.

Rotar el soporte del receptor de manera que este ocupe diferentes posiciones angulares θ (indicadas en la Fig. 12.1; observar que la pantalla es sustituida por el receptor).

¿Qué sucede con la señalización M del medidor?

Ensayo 1.

Retornar el receptor a su posición original. Observar que $d=7,5$ cm .

Rotar paulatinamente el receptor; medir y registrar los valores $\theta_{\text{mín}}$ y $\theta_{\text{máx}}$ (señalizaciones M mínimas y máximas detectadas).

Ensayo 2.

Sustituir el espaciador de 6 cm por el de 4 cm, controlar que las ranuras queden iguales ($a=1,5$ cm). Observar que con esta construcción $d=5,5$ cm . Repetir los ajustes y controles mencionados en el ensayo preliminar.

Rotar paulatinamente el receptor; medir y registrar los valores $\theta_{\text{mín}}$ y $\theta_{\text{máx}}$ (señalizaciones M mínimas y máximas detectadas).

Conclusiones

Contrastar los valores θ_{\min} y θ_{\max} comparándolos con los que se obtienen del cálculo teórico.
¿Hay correspondencia?

¿Cómo se modifica en general el patrón de interferencia por doble ranura, al variar la separación d entre ranuras?

Precaución: Observar que en el dispositivo no se cumple la condición $R \gg d$ por lo que es de esperar que no se satisfagan exactamente las relaciones (12.1). En el informe comentar.

Experiencia 12.2

Interferencia de luz monocromática.

Objetivo

Operando un sistema óptico con luz monocromática:

- Determinar cualitativamente el efecto sobre el patrón de interferencia por doble ranura, ensayando elementos de distinto ancho (**a**) y separación (**d**).
- Determinar cualitativamente el efecto de incrementar el número de ranuras. Ranuras de igual ancho (**a**) e igual separación (**d**).

Introducción

En esta experiencia, como receptor de las ondas que pasan por las ranuras, utilizará una pantalla y en esta observará las figuras (de iluminación).

Todo conforme lo indica esquemáticamente la Fig. 12.1. Es de esperar que las figuras (en su intensidad lumínica) respondan al patrón de interferencia mostrado en la Fig. 12.2.

Equipamiento

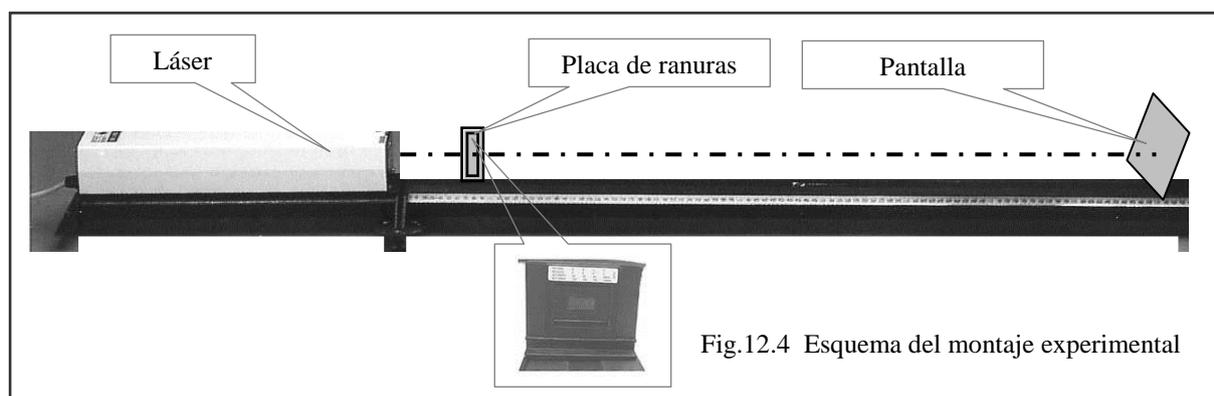
Banco óptico con fuente de luz láser.

Placa con cuatro dobles ranuras de distinto ancho y separación.

Placa con cuatro grupos de ranuras, que poseen 2, 3, 4 y 5 ranuras de igual ancho e igualmente espaciadas.

Pantalla.

Utilizaremos placas que contienen ranuras rectangulares y en otros experimentos, aberturas circulares y rectangulares, redes de difracción, etc. Se trata de elementos ópticos de precisión y muy delicados. Trátelas con sumo cuidado, tomándolas del marco, colocándolas adecuadamente en el portaobjeto respectivo.



Procedimiento

Preliminar

Montar el equipo como muestra la Fig. 12.4.

Activar la fuente láser y controlar su alineación.

I- Interferencia por doble ranura: Efectos de modificar el ancho y separación de las ranuras.

Procedimiento

Examinar la placa de dobles ranura y registrar las características que trae grabada.

Montar la placa en el portaobjeto. Desplazarla lateralmente, de modo de ir intercalando en el camino del haz los distintos pares de ranuras.

Observar para cada doble ranura el efecto, en la figura de la pantalla, que tiene el ancho de las ranuras y la separación entre ellas (específicamente sobre la separación entre franjas brillantes e intensidad).

Comentar resultados con referencia al patrón de doble ranura Fig. 12.2.

II- Interferencia por doble ranura: Efecto de incrementar el número de ranuras.

Procedimiento

Examinar la placa de cuatro grupos de ranuras y registrar las características que trae grabada.

Repetir las operaciones descritas en el ensayo anterior.

Observar el efecto, en la figura de la pantalla, de incrementar N (específicamente sobre la presencia de máximos principales y secundarios, las intensidades y número de ellos).

Comentar resultados con referencia al patrón de doble ranura Fig. 12.2.

Deducir: en el supuesto de contar con un elemento de muchas ranuras ($N \gg 2$), manteniendo la separación entre ellas: *¿Cuál sería la figura que observaría en la pantalla?*

Experiencia 12.3

Interferencia en películas delgadas

Objetivo

- Observar y analizar el efecto de interferencia que se produce en películas delgadas.

Equipamiento

Fuente de luz: tubo fluorescente 20 W; 220 V. (luz blanca).

Pie, soportes del tubo y accesorios.

Filtros de color.

Cuña de aire preparada con dos placas de vidrio separadas en uno de sus extremos por una cinta de papel.

Procedimiento:

Examinar el dispositivo de trabajo que muestra la Fig. 12.5.

Preliminares: ubicándose en lo posible como indica la Fig. 12.6, observar las franjas de interferencia que se obtienen con luz blanca y colocando filtros de color.

Adoptar, para continuar los ensayos, luz filtrada de color cuya longitud de onda deberá estimar admitiendo que el filtro proporciona luz monocromática (esto es una aproximación razonable a los fines del ensayo; el filtro en realidad deja pasar una banda, que si bien es estrecha, no es una única longitud de onda).

Observar las figuras de interferencia

Presionar levemente las placas, por ejemplo con la punta de un lápiz, y explicar cualitativamente las modificaciones que se producen en las figuras de interferencias.

Entre dos franjas consecutivas: ¿En qué valor se modifica la distancia t de la cuña?

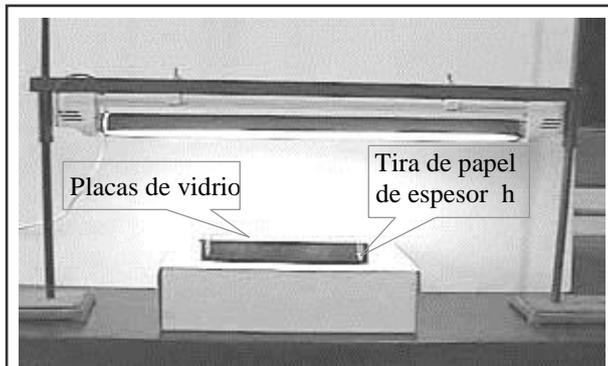


Fig. 12.5 Dispositivo experimental

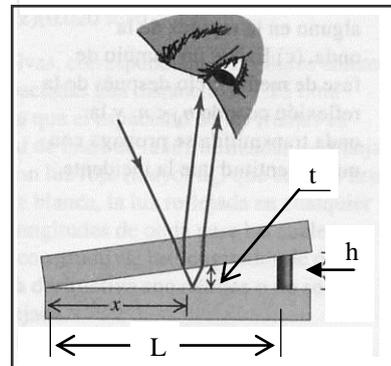


Fig. 12.6 Observación de las franjas

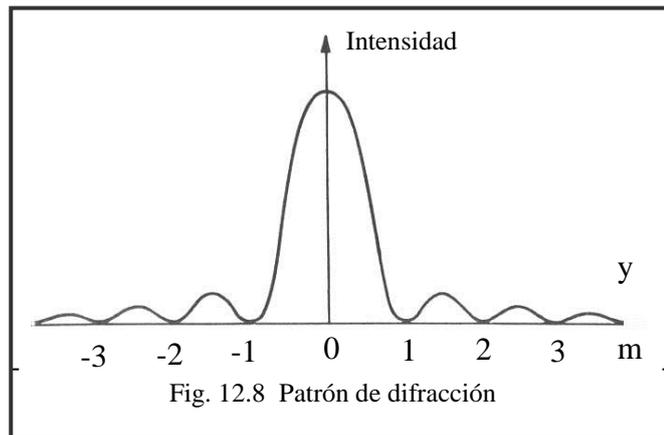
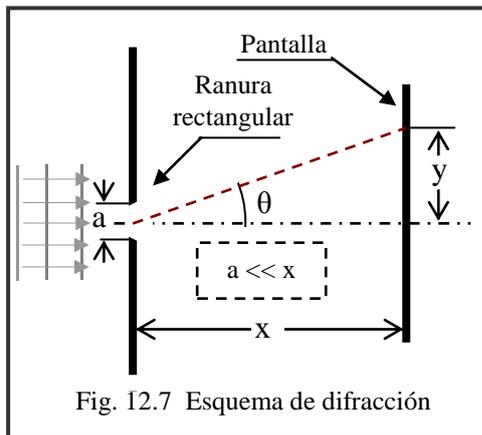
DIFRACCIÓN

Introducción

Analizaremos el fenómeno de difracción de luz monocromática producidos en ranuras rectangulares y aberturas circulares; supondremos que se cumplen las condiciones para la difracción de Fraunhofer (lo cual es muy aproximadamente cierto si la ranura o la abertura está suficientemente alejada de la fuente de luz y de la pantalla).

La Fig. 12.7 representa esquemáticamente el sistema óptico para analizar la difracción de luz de longitud de onda λ , por una ranura rectangular de largo b y ancho a ; ($a \ll b$).

Se determina que, al pasar luz monocromática a través de una ranura rectangular de dimensiones adecuadas (ancho a pequeño, dimensión comparable con la longitud de onda λ), se produce una distribución de la intensidad que responde a un patrón característico, como el que muestra la Fig. 12.8, con una zona brillante intensa en el centro (máximo central de orden 1) y zonas brillantes que se van debilitando rápidamente en intensidad hacia los costados (máximos secundarios); todos simétricos con respecto a $\theta = 0$. Esta configuración se puede observar en la pantalla.



La posición angular del centro de los mínimos de difracción (puntos donde la intensidad es nula), viene dada por la relación:

$$\text{sen } \theta_{\text{mín}} = m \frac{\lambda}{a} \quad (m = \pm 1; \pm 2; \dots) \quad (12.2)$$

Experiencia 12.4

Objetivo

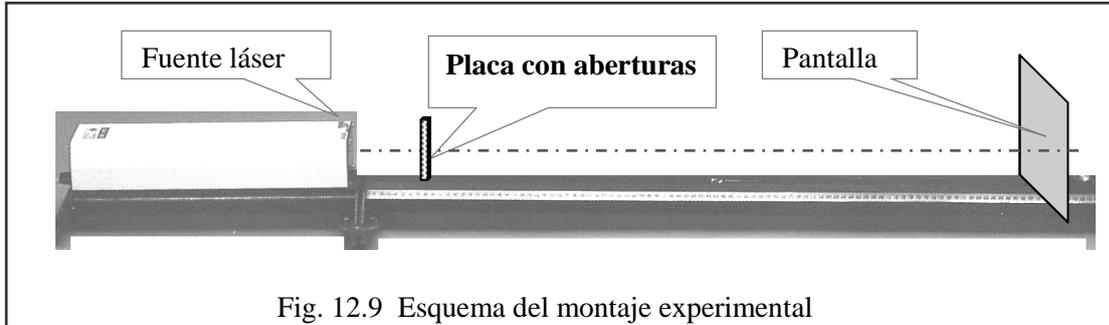
- Analizar figuras en la pantalla, que corresponden a fenómenos de difracción de luz monocromática por ranuras rectangulares y aberturas circulares, a efectos de comprobar cualitativamente su dependencia con el ancho a y el diámetro d , respectivamente.
- Determinar el ancho a de una ranura rectangular a partir de la figura, lograda en la pantalla, que corresponde a su patrón de difracción de luz monocromática.

Equipamiento

Fuente de luz monocromática: láser ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$).
Banco óptico con accesorios (portaobjetos y pantalla)
Placa con ranuras rectangulares de diferente ancho.
Placa con aberturas circulares de diferente diámetro.

Procedimiento

Efectuar el montaje de elementos como muestra la Fig. 12.9 y alinear fuente láser.



Difracción por ranuras rectangulares

Examinar la placa de ranuras rectangulares y registrar los datos (ancho **a** de cada ranura) que trae grabados.

Colocar la placa en el portaobjeto del banco. Desplazarla lateralmente de manera que intercale en el camino del haz las distintas ranuras. Observar el efecto que tiene modificar el ancho **a** de ranura sobre la correspondiente figura de difracción que obtiene en la pantalla (específicamente sobre el ancho de la zona brillante central; es decir, del ancho del máximo central). Comentar resultados.

Determinación del ancho **a** de una ranura rectangular a partir de su figura de difracción.

Colocar nuevamente en el portaobjeto la placa con ranuras rectangulares, elegir una ranura y colocarla interceptando el haz obteniendo, en la pantalla, la correspondiente figura de difracción.

Medir la distancia **x** (placa – pantalla) **y**, sobre la figura de la pantalla, medir la distancia **y** (posición lineal del primer mínimo).

Con los valores obtenidos, calcular el ancho **a** de la ranura aplicando la relación (12.2).

Comparar el resultado con el valor, del ancho de la ranura elegida, grabado en la placa. Comentar resultado.

Experiencia 12.5

Objetivo

- Corroborar la posición angular de los mínimos de difracción que corresponden a difracción de luz monocromática por ranuras rectangulares (ecuación 12.2).

Equipamiento

Fuente láser ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$).
Banco óptico.
Portaobjeto común y portaobjeto para montaje fibra óptica (Fig. 12.10)
Fotómetro con conexión fibra óptica (Fig. 12.11)
Placas con aberturas rectangulares y aberturas circulares.



Fig. 12.10. Portaobjeto para el montaje de la fibra óptica



Fig. 12.11. Fotómetro con fibra óptica

Procedimiento

Sustituir la pantalla del equipo por el portaobjeto fibra óptica y conectar el fotómetro. Controlar alineación del sistema óptico. Observar que el instrumento señalará valores proporcionales a la intensidad de la radiación detectada mediante el extremo de la fibra óptica y que este lo desplazará ocupando diferentes posiciones lineales y .

Referencias: Figs. 12.7 y 12.8.

Ensayo difracción por ranura rectangular

Adoptar una ranura de la placa y tomar nota de su ancho a . Colocar la placa en el portaobjeto del banco de manera que la ranura produzca difracción del haz.

Medir y registrar la distancia x (placa – extremo fibra óptica).

Desplazar transversalmente el extremo de la fibra óptica, detectando la posición de los mínimos, a efectos de medir la distancia $2y$ (distancia entre las posiciones lineales de los mínimos de orden $m = \pm 1$). Tomar nota de la distancia $2y$.

Verificar si, con los valores obtenidos, se satisface la ecuación (12.2).