

Interferencia

Universidad Nacional de Tucumán

May Juárez Ferriol

Interferencia

Llamamos interferencia al efecto que se produce al combinar dos o más ondas de luz en un punto del espacio. Este efecto es muy complicado de observar por lo chicas que son las longitudes de onda que estamos analizando (entre $4 \times 10^{-7} \text{m}$ y $7 \times 10^{-7} \text{m}$ aproximadamente). Sin embargo, hay dos condiciones que facilitan mucho la visualización de este fenómeno, y es que las fuentes que generen esas ondas sean coherentes, es decir que *la relación entre las fases de las dos ondas no cambie con el tiempo*, y que las ondas tengan longitudes de onda idénticas.

Decimos que la interferencia es constructiva si la intensidad de la combinación es mayor que las intensidades individuales. Mientras que decimos que la interferencia es destructiva si la intensidad total es menor que las intensidades individuales.

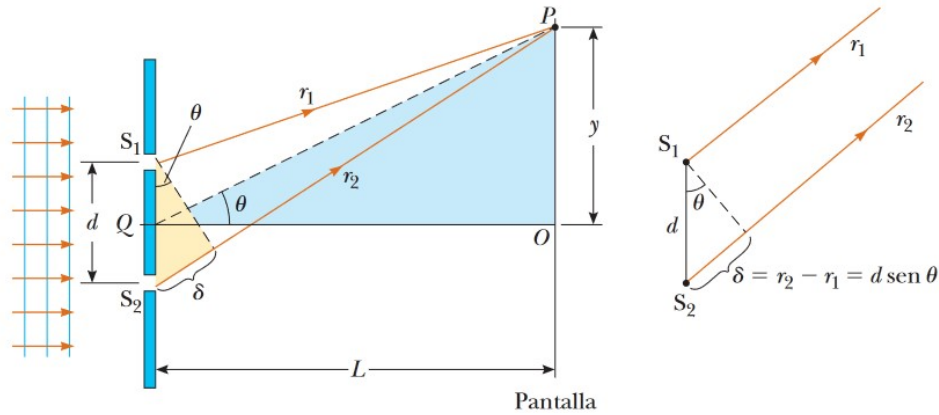


Figura 1: Interferencia para un arreglo de dos rendijas que actúan como fuentes coherentes

Patrón de interferencia

Supongamos dos fuentes de luz, S_1 y S_2 , separadas por una distancia d tal que $d \approx \lambda$, que producen ondas viajeras simultáneamente y a la misma frecuencia. A un punto P de una pantalla a una distancia L medida perpendicularmente, se obtienen una distancia r_1 y r_2 a cada una de las fuentes. Vemos que en este arreglo obtenemos máximos de interferencia, es decir interferencia constructiva donde la suma neta de los campos eléctricos (o magnéticos) de ambas ondas emitidas desde S_1 y S_2 sea mayor a 0. En esos puntos se cumple la ecuación 1.

$$r_2 - r_1 = n\lambda, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Si ahora utilizamos una aproximación con ángulos θ , encontramos que $r_2 - r_1 = d \sin \theta$. Entonces reemplazando en la expresión 1, obtenemos la ecuación 2. Si trabajamos con la aproximación de ángulos pequeños ($\theta_{max} \approx 13^\circ$), podemos aproximar las expresiones a la tangente del ángulo θ .

$$\tan \theta \approx \sin \theta = \frac{n\lambda}{d} \quad (2)$$

La intensidad del patrón de interferencia es de acuerdo al de la figura 2.

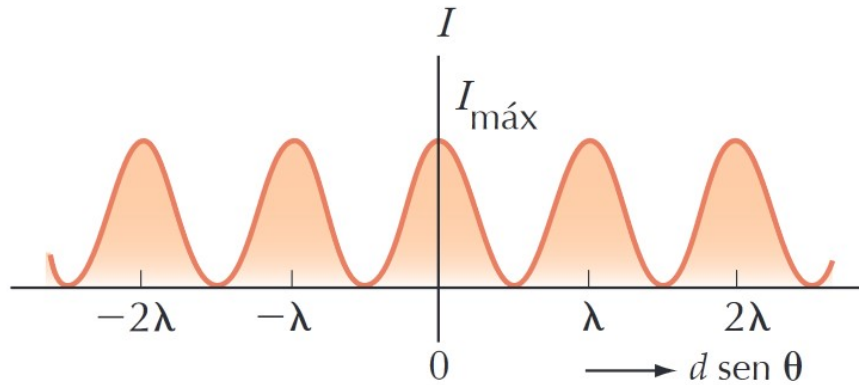


Figura 2: Intensidades de un patrón de interferencia de doble rendija

En la realidad, todo patrón de interferencia se verá modulado por un patrón de difracción, por lo que la intensidad que se observaría en realidad es como la de la imagen 3.

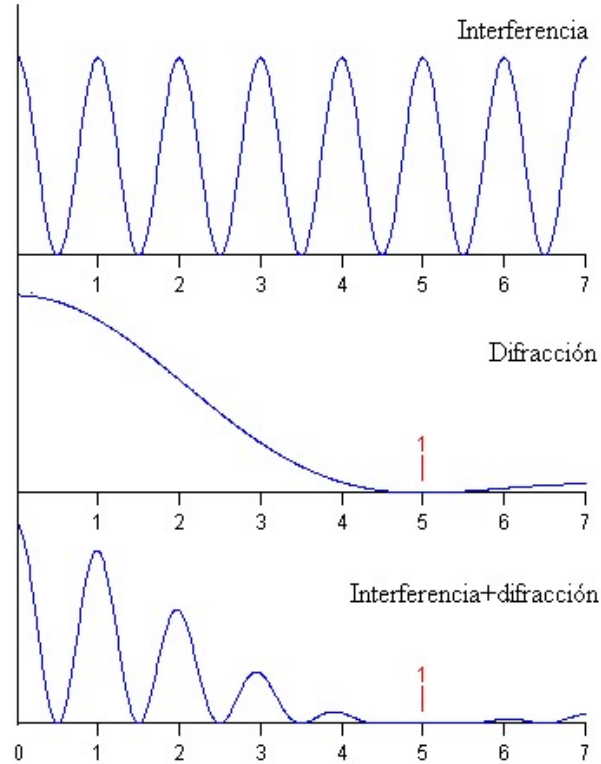


Figura 3: Intensidades de un patrón de interferencia de doble rendija modulado por un patrón de difracción

¿Por qué se observan colores cuando se iluminan ranuras con luz blanca?

Cuando la luz blanca incide sobre una serie de ranuras delgadas, como las de una rejilla o una lámina delgada, puede ocurrir un fenómeno conocido como difracción.

En el contexto de la difracción de luz blanca a través de ranuras, el fenómeno clave es que la luz blanca está compuesta por diferentes longitudes de onda, que corresponden a diferentes colores. Cada longitud de onda se desvía de manera ligeramente diferente al pasar por las ranuras, debido a las diferencias en la difracción para cada color.

Este proceso de difracción separa las diferentes longitudes de onda y dispersa los colores, creando un patrón de colores en la región donde la luz difractada se proyecta. Este fenómeno es conocido como el espectro de difracción.

El espectro de difracción generado suele tener un patrón característico, con colores más dispersos en los bordes y colores más centrados en el centro. El ángulo de difracción y la separación entre las ranuras afectan la distribución de los colores en el patrón de difracción.

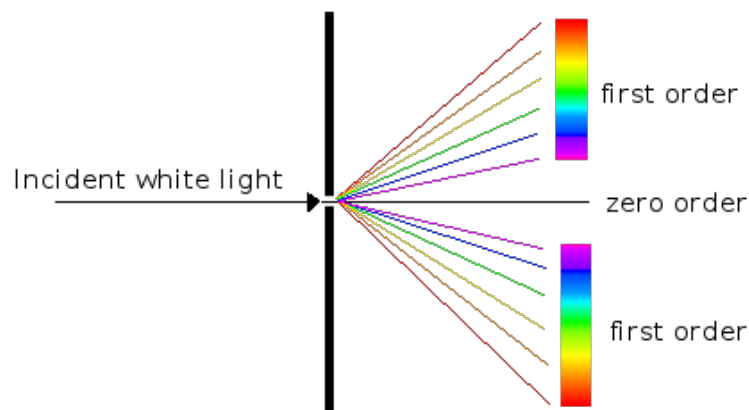


Figura 4: Difracción de luz blanca

El experimento de la doble rendija de Young

El experimento de Young, realizado por el científico británico Thomas Young en 1801, es un experimento clásico que proporcionó evidencia clave para la teoría ondulatoria de la luz. El experimento demostró el fenómeno de interferencia de la luz, respaldando la idea de que la luz se comporta como una onda.

Young utilizó luz monocromática, es decir, luz de una sola longitud de onda. Originalmente, utilizó luz proveniente de un solo color de la luz solar, pero hoy en día se realizan experimentos similares con láseres para obtener luz monocromática.

Young hizo pasar la luz a través de una barrera con dos ranuras estrechas y paralelas. Estas ranuras permiten que la luz pase a través de ellas, creando dos fuentes de ondas coherentes.

Después de pasar a través de las ranuras, la luz incidía en una pantalla colocada a cierta distancia. En la pantalla, se observaba un patrón de interferencia, con franjas claras y oscuras.

Expresiones Matemáticas:

1. **Separación entre Franjas de Interferencia (d):**

$$d \cdot \sin(\theta) = m \cdot \lambda$$

Donde: - d es la distancia entre las ranuras, - θ es el ángulo de desviación, - m es el número de orden de la franja, - λ es la longitud de onda de la luz.

2. **Distancia entre Franjas en la Pantalla (y):**

$$y = L \cdot \tan(\theta)$$

Donde: - L es la distancia entre las ranuras y la pantalla.

Las expresiones matemáticas son válidas bajo las siguientes condiciones:

- La fuente de luz es monocromática. - Las ranuras son suficientemente estrechas para permitir la difracción y la formación de patrones de interferencia. - Las ranuras están lo suficientemente separadas para que las ondas de luz provenientes de cada ranura sean coherentes entre sí en la pantalla.

Procedimiento:

La fuente de luz blanca se colocó a una distancia adecuada de la barrera con doble rendija. La luz blanca pasó a través de la doble rendija, generando patrones de difracción interferencial en la pantalla de observación. Se observaron y registraron los patrones de interferencia resultantes.

Parámetros Experimentales:

Distancia entre las rendijas: d Distancia desde la barrera hasta la pantalla de observación: L
Orden de interferencia: m

Cuestionarios

QUICK QUIZ 24.1 In a two-slit interference pattern projected on a screen, are the fringes equally spaced on the screen (a) everywhere, (b) only for large angles, or (c) only for small angles?

QUICK QUIZ 24.2 If the distance between the slits is doubled in Young's experiment, what happens to the width of the central maximum? (a) The width is doubled. (b) The width is unchanged. (c) The width is halved.

QUICK QUIZ 24.3 A Young's double-slit experiment is performed with three different colors of light: red, green, and blue. Rank the colors by the distance between adjacent bright fringes, from smallest to largest. (a) red, green, blue (b) green, blue, red (c) blue, green, red

Quick Quiz 24.1.- (c) Como ya se discutió anteriormente, es necesario que se cumpla la aproximación de ángulos pequeños.

Quick Quiz 24.2.- (c)

Quick Quiz 24.3.- (c)