

## **PRÁCTICA 9: EXPERIMENTO DE YOUNG**

Presentado por:

Mariana Escobar (201710011113)

Cristobal Trujillo (201727515013)

Juan S. Cárdenas (201710008101)

David Plazas (201710005101)

Materia:

Física II (DF0239)

Profesor:

Msc. Alejandro Madrid Sánchez

Universidad EAFIT  
Medellín, Colombia  
Mayo 9, 2018

## 1. INTRODUCCIÓN

En este laboratorio logramos observar y analizar la interferencia de ondas a través de la luz y cómo esta forma diferentes patrones de interferencia. Con estos patrones y medidas geométricas, se pudo estudiar las variables que los afectan, y además se calculó la longitud de onda del láser utilizado los datos obtenidos.

## 2. OBJETIVOS

- Generar un patrón de interferencia utilizando un briprisma de Fresnel.
- Interpretar la estructura del patrón de interferencia en términos de la superposición de dos ondas.
- Determinar la longitud de onda de un láser, a partir de la observación del patrón de interferencia y la geometría del montaje.

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1. Fenómeno de Interferencia

El término interferencia se refiere a cualquier situación en la que dos o más ondas se traslapan en el espacio. Cuando esto ocurre, la onda total en cualquier punto y en cualquier instante está gobernada por el principio de superposición. El principio de superposición establece que cuando dos o más ondas se traslapan, el desplazamiento resultante en cualquier punto y en cualquier instante se encuentra sumando los desplazamientos instantáneos que producirían en el punto las ondas individuales si cada una se presentara sola.

### 3.2. Interferencia constructiva y destructiva

Para hablar de interferencia se debe introducir el término de coherencia. Se dice que dos fuentes monocromáticas de la misma frecuencia y con una relación de fase constante definida (no necesariamente en fase) son coherentes. También se utiliza el término ondas coherentes (o, en el caso de las ondas luminosas, luz coherente) para hacer referencia a las ondas emitidas por dos fuentes de ese tipo.

Si las ondas emitidas por las dos fuentes coherentes son transversales, como las ondas electromagnéticas, entonces también supondremos que las perturbaciones ondulatorias que producen ambas fuentes tienen la misma polarización (es decir, se encuentran sobre la misma línea).

En general, cuando las ondas de dos o más fuentes llegan en fase a un punto, la amplitud de la onda resultante es la suma de las amplitudes de las ondas individua-

les; éstas se refuerzan una a la otra. Esto se llama interferencia constructiva. Sean  $S_1$  y  $S_2$  dos fuentes idénticas de ondas monocromáticas, ambas producen ondas de la misma amplitud y longitud de onda  $\lambda$ . Además, las dos fuentes están permanentemente en fase; vibran al unísono, como se muestra en la Figura 1.

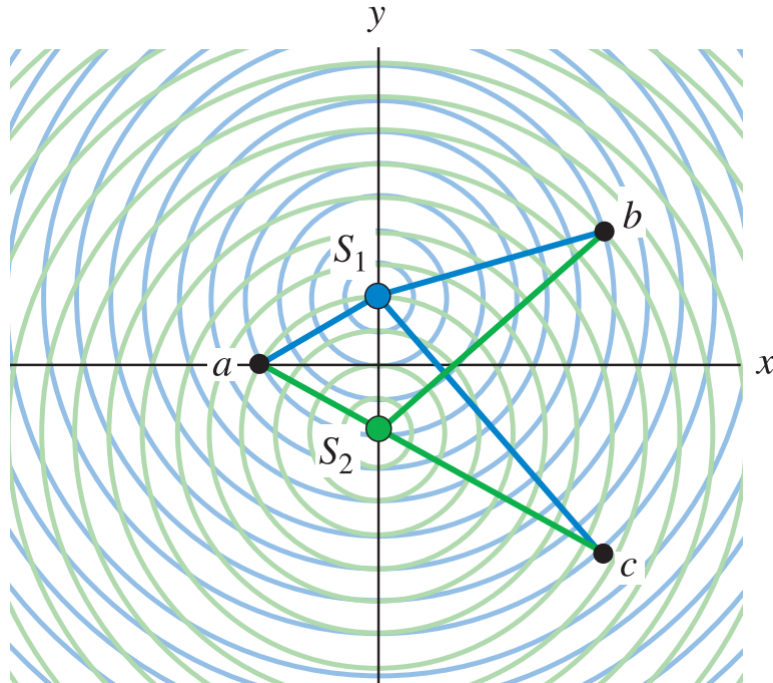


Figura 1. Fuentes de onda monocromáticas.

En general, cuando las ondas de dos o más fuentes llegan en fase a un punto, la amplitud de la onda resultante es la suma de las amplitudes de las ondas individuales; éstas se refuerzan una a la otra. Esto se llama interferencia constructiva. Sea  $r_1$  la distancia que hay entre  $S_1$  y cualquier punto P, y  $r_2$  la distancia que hay entre  $S_2$  y P. Para que en P ocurra la interferencia constructiva, la diferencia de las trayectorias  $r_2 - r_1$  para las dos fuentes debe ser un múltiplo entero de la longitud de onda  $\lambda$ :

$$r_2 - r_1 = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (1)$$

Algo diferente ocurre cuando la diferencia de trayectorias es la mitad de un número entero de longitudes de onda. Las ondas provenientes de las dos fuentes llegan al punto exactamente medio ciclo fuera de fase. La cresta de una onda arriba al mismo tiempo que la cresta de una onda en sentido opuesto (un “valle”) de la otra onda. La amplitud resultante es la diferencia entre las dos amplitudes individuales. Si éstas son iguales, entonces la amplitud total es igual a cero. Esta cancelación o anulación parcial de las ondas individuales recibe el nombre de interferencia destructiva. La condición para que haya interferencia destructiva es:

$$r_2 - r_1 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (2)$$

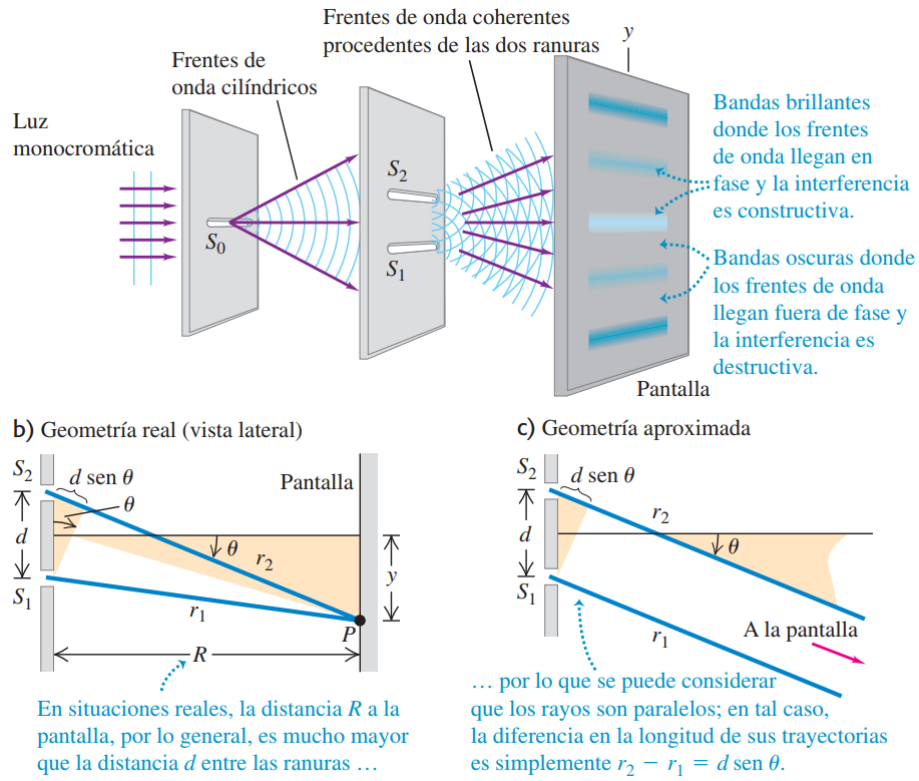


Figura 2. Interferencia de las ondas de luz que pasan a través de dos ranuras

### 3.3. Interferencia constructiva y destructiva con dos ranuras

Ya vimos que la interferencia constructiva (refuerzo) ocurre en aquellos puntos donde la diferencia de las trayectorias es un número entero de longitudes de onda, por lo tanto, las regiones brillantes en la pantalla de la figura anterior se presentan en ángulos  $\theta$  en los que

$$d \sin \theta = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (3)$$

De manera similar, ocurre la interferencia destructiva (cancelación) que forma las regiones oscuras en la pantalla en los puntos para los que la diferencia de las trayectorias es la mitad de un número entero de longitudes de onda:

$$d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (4)$$

Así, el patrón en la pantalla de la figura es una sucesión de bandas brillantes y oscuras, o franjas de interferencia, paralelas a las ranuras. Es posible obtener una expresión para las posiciones de los centros de las bandas brillantes en la pantalla. En la figura,  $y$  está medida desde el centro del patrón. Sea  $y_m$  la distancia entre el centro del patrón ( $\theta = 0$ ) y el centro de la  $m$ -ésima banda brillante. Sea  $\theta_m$  el valor correspondiente de  $\theta$ ; por lo tanto,

$$y_m = R \tan \theta_m \quad (5)$$

En experimentos como éste, las distancias  $y_m$  a menudo son mucho más pequeñas que la distancia  $R$  entre las ranuras y la pantalla. Como  $\theta_m$  es muy pequeño,  $\tan \theta_m$  es casi

igual a  $\sin \theta_m$ , y

$$y_m = R \sin \theta_m \quad (6)$$

Al combinar esto con la ecuación 3 se encuentra que solamente para ángulos pequeños,

$$y_m = R \frac{m\lambda}{d} \quad (7)$$

Es posible medir  $R$  y  $d$ , así como las posiciones  $y_m$  de las franjas brillantes, por lo que este experimento permite una medición directa de la longitud de onda  $\lambda$ . El experimento de Young fue, de hecho, la primera medición directa de las longitudes de onda de la luz.

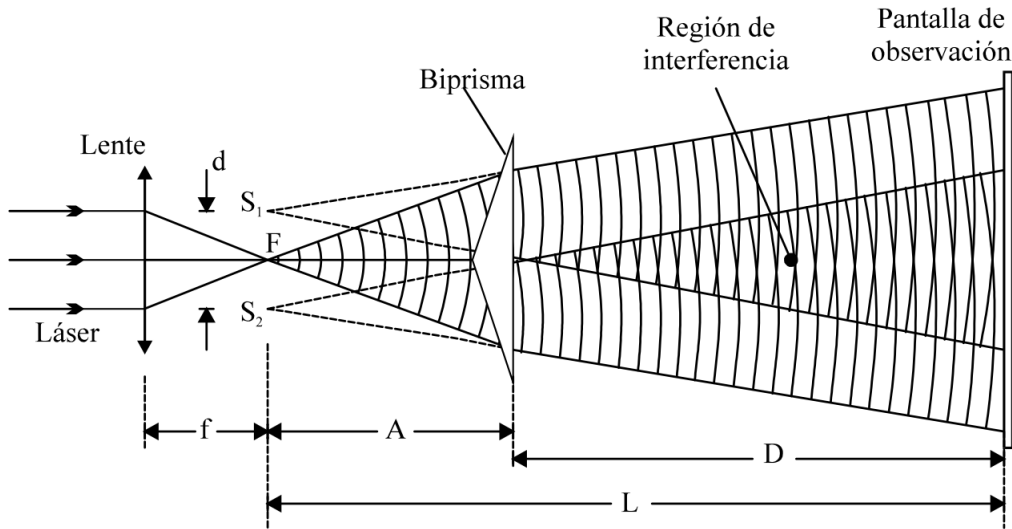


Figura 3. Diagrama del experimento de Young con un biprisma de Fresnel.

### 3.4. Utilización del Biprisma de Fresnel

Existen diversos arreglos experimentales que permiten la ejecución del experimento de Young. Por ejemplo, pueden utilizarse dos rendijas largas y angostas a cambio de dos orificios circulares, o bien, puede utilizarse un doble espejo o un biprisma de Fresnel combinado con una lente, para reemplazar la pantalla con aberturas. Aquí analizaremos únicamente el montaje que emplea un biprisma de Fresnel. La lente concentra un rayo láser en el foco F, para que luego incida sobre el biprisma un manojo de rayos divergente, con centro en F. La función del biprisma es desviar la luz que incide sobre su superficie, haciendo que del otro lado del biprisma resulten dos haces luminosos que interfieran entre sí. Todos los rayos que inciden sobre una determinada cara del biprisma se desvían de modo que todos ellos parecen divergir de un mismo punto, de modo que el biprisma transforma la onda esférica que incide sobre él (desde el punto F) en dos ondas esféricas con centros en  $S_1$  y  $S_2$ . Se demuestra que la separación entre  $S_1$  y  $S_2$  viene dada por:

$$d = 2A\alpha(n - 1) \quad (8)$$

Donde  $n$  es el índice de refracción del biprisma y  $\alpha$  es el ángulo en su vértice.

#### 4. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL

Antes de describir el experimento realizado, se listarán los instrumentos utilizados para el mismo:

- Láser.
- Biprisma de Fresnel y mesa para prismas.
- Lentes convergentes con sus monturas y portales.
- Cinta métrica y pie de rey.
- Pantalla, riel pentagonal, bases, nueces y varillas.

Para la práctica se utilizó el montaje del laboratorio, en donde estaba el láser, luego el lente convergente, posteriormente la mesa para el biprisma con el mismo, luego, después de una distancia determinada, la pantalla. Ésto, alineado de manera colineal, esto es que el haz de luz del láser atraviesa el centro del lente convergente e incide en la división del biprisma, logrando dividir el haz de luz.

Una vez alineado, se logró observar el patrón de interferencia en la pantalla: delgadas franjas brillantes y oscuras alternadas. Una vez esto ocurriera, se debía tomar nota de los parámetros del montaje para utilizar las ecuaciones del marco teórico y lograr hacer los cálculos correspondientes de longitud de onda y separación entre las rendijas. Estos parámetros eran, por ejemplo, la distancia focal del lente (reportada en la montura del lente), la distancia del biprisma a la pantalla, entre otras.

#### 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

##### 5.1. Determinación de la Longitud de Onda

**5.1.1. Anote el valor de la distancia focal  $f$  de la lente, mida la distancia  $f + A$  y calcule  $A$ .**

$$f = 0.02m \quad f + A = 0.098 \quad \Rightarrow \quad A = 0.078m$$

**5.1.2. Mida la distancia  $D$  (entre el biprisma y la pantalla) y calcule  $L$ .**

$$D = 2.806m \quad A = 0.078m \quad \Rightarrow \quad L = 2.80678m$$

**5.1.3. Asumiendo que  $\alpha = 35' = 0.58^\circ = 0.01rad$  y que  $n = 1.51$ , calcule la separación  $d$  entre las fuentes  $S_1$  y  $S_2$ .**

Teniendo en cuenta la ecuación 8, la distancia  $d$  es:

$$d = 2(0.078m)(0.01rad)(1.51 - 1) = 7.96 \times 10^{-4}m$$

**5.1.4. Determine  $\Delta y$ .**

$$\Delta y = 2.1mm$$

**5.1.5. Calcule la longitud de onda del láser.**

$$\lambda = \frac{d}{L}\Delta y = \frac{7.96 \times 10^{-4}m}{2.80678m}(2.1 \times 10^{-3}m) = 5.96 \times 10^{-7} = 596nm$$

**5.1.6. Asuma  $\lambda = 633nm$  como el valor teórico de la longitud de onda del láser del diodo y calcule el porcentaje de error de la longitud de onda obtenida experimentalmente.**

$$\%Error = \frac{|\lambda_T - \lambda_E|}{|\lambda_T|} \times 100\% = \frac{|633nm - 596nm|}{|633|} \times 100\% = 5.8\% \quad (9)$$

## 6. CONCLUSIONES

- Se pudo evidenciar como por medio de un biprisma de Fresnel y un solo rayo se generan patrones de interferencia al este pasar por el prisma. Al mismo tiempo, se observó que la imagen que corresponde a este patrón de interferencia es una compuesta de franjas claras, debido a las interferencias constructivas entre las dos ondas, y las franjas oscuras, asociadas a interferencias destructivas entre las ondas.
- Se observó cómo por medio de interferencia y la geometría del experimento se puede calcular la longitud de onda de un rayo de luz. Asimismo, se evidenció cómo esta configuración del experimento era muy susceptible a cambios pequeños, lo cual se concluye que este tipo de experimentos puede ser muy útil para tomar medidas de magnitudes pequeñas. Sin embargo, se sugiere que para otras prácticas se busquen usar instrumentos de medida de mayor precisión, dado que es difícil medir longitudes tan pequeñas (entre las franjas) y, saber exactamente desde que punto medir.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS