

Midiendo la longitud de onda de la luz

Hoja de trabajo:

Objetivo: calcular la longitud de onda de la luz de un láser por interferometría de Young e interferometría de Michelson

Primera parte: Cálculo de la longitud de onda del láser.

Para medir la longitud de onda de la luz, se requiere de una fuente de luz que tenga de preferencia, una sola longitud de onda. El aparato más accesible que tenemos para una sola longitud de onda, es el láser, inclusive los de bajo costo, como los apuntadores láser. El primer experimento realizado para medir la longitud de onda de la luz, la hizo Thomas Young en 1801, haciendo pasar la luz a través de dos rendijas y observando la interferencia en un plano a distancia, como se muestra en la figura 1.

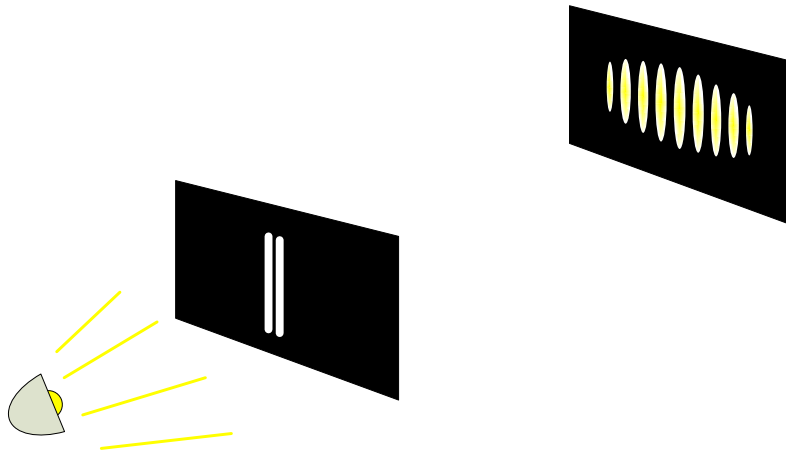


Figura 1 Experimento de Young.

Este fenómeno se explica si suponemos que en la pantalla las ondas que llegan procedentes de ambas rendijas se suman. En algunos puntos lo harán interfiriendo de manera constructiva, mientras que en otros lo harán destructivamente, como se muestra en la figura 2.

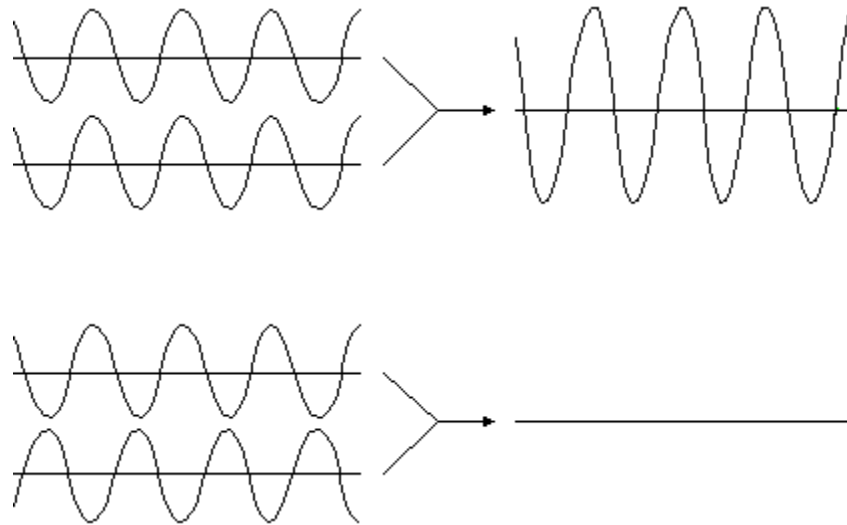
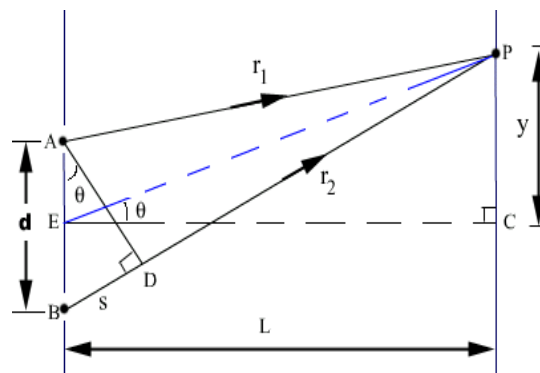


Figura 2 Interferencia constructiva e interferencia destructiva

Para que en un punto aparezca una línea brillante, se requiere que el recorrido de la luz por ambos espacios sea igual a un múltiplo de la longitud de onda de la luz. La geometría para el cálculo de la longitud de onda de la luz es la siguiente.



La diferencia de camino óptico entre las dos líneas r_1 y r_2 es aproximadamente s , que de acuerdo al triángulo ABD sabemos que el seno del ángulo θ es:

$$\sin \theta = \frac{s}{d} \tag{1}$$

Donde d es la separación entre las rendijas y s es la diferencia de camino óptico, que a su vez, para que se produzca una interferencia constructiva, se requiere que esta cantidad sea un múltiplo de longitudes de onda:

$$s = n \lambda \tag{2}$$

Por otro lado, ya que los triángulos ABD y ECP son similares por tener sus lados mutuamente perpendiculares; usando el triángulo ECP, la tangente del mismo ángulo θ es:

$$\tan \theta = \frac{y}{L} \tag{3}$$

Como el ángulo θ es en general muy pequeño, el seno y la tangente tienen casi el mismo valor:

$$\sin \theta \approx \tan \theta \tag{4}$$

Por lo que entonces:

$$\frac{s}{d} = \frac{n\lambda}{d} \approx \frac{y}{L}; \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{y d}{n L} \quad (6)$$

Con la ecuación (6) podemos medir la longitud de onda de la luz en un experimento de Young midiendo con una cinta métrica las siguientes cantidades.

- y : La separación entre la mancha central y la n -ésima mancha brillante.
- d : La separación entre las dos rendijas.
- n : El número de manchas tomadas en la medida y .
- L : La distancia desde las rendijas y la pantalla donde se miden las manchas.

Procedimiento:

- a) Con el microscopio, mida la separación entre rendijas de la rejilla rallada que se le proporciona. La separación entre rendijas se puede medir de centro a centro entre rendijas claras y rendijas oscuras. También se puede medir entre el borde inicial de una rendija y el borde inicial de otra. Para mayor precisión, se puede medir la separación entre un número de rendijas (diez, por ejemplo) y dividir entre el número de rendijas. Esta medición le dará el valor de d . Advertencia: Se le proporcionará un microscopio para medir las distancias pequeñas. El microscopio tiene el objetivo con amplificación 20X. Nótese que la escala está en pulgadas y la división mínima es de 0.0025"
- b) A una distancia grande, (del orden de algunos metros) observe el patrón de interferencia obtenido con el láser. Seleccione n manchas brillantes a partir de la mancha central (la más brillante) y obtenga su separación. Este es el valor y .
- c) El valor n es el número de manchas seleccionado en la pantalla para obtener la distancia y .
- d) Con ayuda de un flexómetro, obtenga la distancia entre la rejilla y la pantalla donde midió las franjas brillantes. Con esto, obtendrá la distancia L .

Resultados:

Tabla de mediciones.	
y (separación entre n manchas) (mm)	
E (Separación entre dos rendijas). (mm)	
n Número de manchas tomadas	
L Distancia a la pantalla (mm)	

Cálculo de la longitud de onda (Todas las medidas en milímetros).

$$\lambda = \frac{y E}{n L}$$

$$\lambda = \frac{y E}{n L} = \underline{\hspace{10cm}}$$

Resultado:

Segunda parte: El interferómetro de Michelson

En 1887, Albert A. Michelson diseñó un interferómetro para intentar medir la velocidad del viento éter. El esquema se muestra en la Figura 3. Nosotros enviaremos la luz del láser hacia un divisor óptico. Una parte de la luz se refleja mientras que la otra se transmite. Ambas porciones se dirigen a sendos espejos para devolver la luz al divisor de haz, donde se reencontrarán ambos haces de luz en la pantalla de observación. En la pantalla, se formará un patrón de interferencia dependiendo de la diferencia de camino óptico recorrida por la luz para llegar a la pantalla. Nosotros mediremos una diferencia de camino óptico con un micrómetro puesto en el espejo. Como el movimiento del micrómetro es muy burdo, el interferómetro tiene una palanca con reducción de 5 a 1 para reducir el movimiento. Es importante hacer notar además, que el desplazar el espejo una distancia equivale a aumentar o disminuir el camino óptico dos veces esa distancia, pues la luz tiene que recorrer ese espacio dos veces.

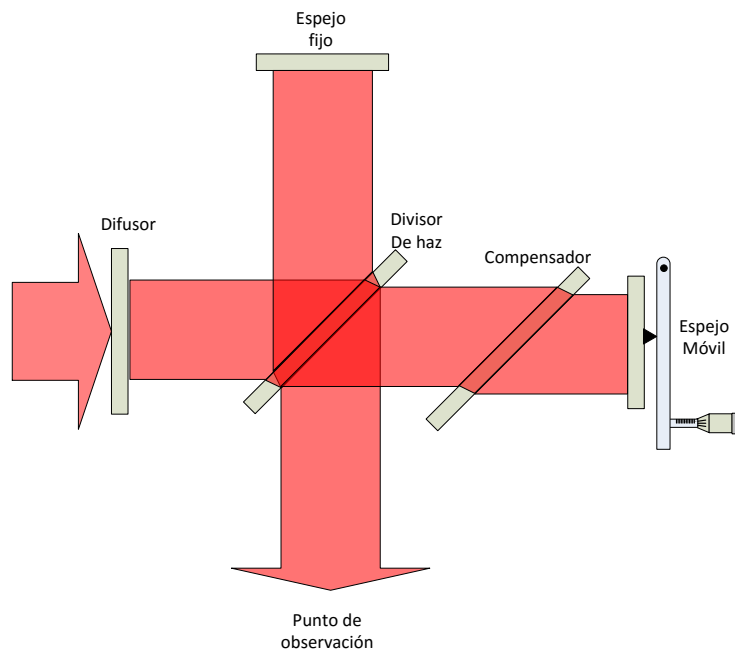


Figura 3 Interferómetro de Michelson.

Para observar las franjas con el láser, haremos el siguiente montaje con el láser:

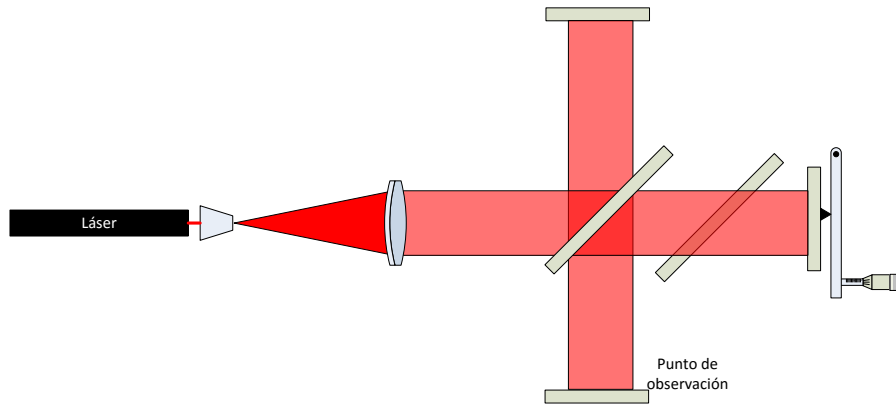


Figura 4 Interferómetro de Michelson con láser.

Medida de la longitud de onda de la luz del láser.

Observe las franjas de interferencia de la luz del láser. Enseguida, anote la posición del micrómetro como la posición inicial. Gire ahora el micrómetro muy despacio de modo que vea pasar en la pantalla alrededor de 200 franjas. Anote la posición final del micrómetro.

Posición inicial del micrómetro	Posición final del micrómetro

Obtenga la longitud de onda de la luz usando el siguiente cálculo.

$$\lambda = \frac{2 \times (\text{Posición final} - \text{posición inicial})}{200}$$