

## Aplicaciones del Interferómetro de Michelson

Adjimann Andres (adjimann@labs.df.uba.ar)

Kunik Dario (telmo@labs.df.uba.ar)

Laboratorio 5 - 2001 - UBA

### Resumen:

En el presente trabajo se describen 2 aplicaciones del interferómetro de Michelson:

Medición de la longitud de coherencia de luz láser y visualización del doblete del Sodio.

Si bien no se buscaron resultados precisos, en ambos casos fue posible apreciar la utilidad del dispositivo.

### Introducción:

De la gran variedad de interferómetros por división de amplitud, el Michelson es uno de los más conocidos e históricamente más importante.

De entre las muchas aplicaciones que posee, en esta experiencia, se consideran 2:

- 1) Medición de la longitud de coherencia de diversas fuentes (Diodos Láser y fuentes gaseosas)
- 2) Como espectrómetro se calcula la diferencia de las longitudes de onda en las que emite el Na.

### Descripción del experimento:

En la figura 1, se ilustra la configuración del interferómetro.

Una fuente extensa, emite una onda que es dividida en O por el divisor de haz.

Una parte viaja hacia el espejo M1 y otra hacia M2.

Parte de la onda que se refleja en M2 pasa por el divisor de haz hacia la pantalla, mientras que parte de la onda que se refleja en M1 es desviada por el divisor hacia la pantalla.

Obsérvese que un haz pasa a través de O 3 veces mientras que el otro solo lo una vez.

Por esta razón se introduce una placa compensadora en el brazo O M1.

Dicha placa debe ser una réplica del divisor de haz a excepción de la película plateada sobre una cara de este último.

Con esta disposición cualquier diferencia de camino óptico surge de la diferencia de las posiciones relativas de los espejos respecto del divisor.

Para variar estas distancia el espejo M2 se encuentra vinculado a un tornillo micrométrico graduado.

Puede probarse que la diferencia de camino óptico ( $\Delta\phi$ ) viene dada por:

$$\Delta\phi = 2 d \text{Cos}[\theta] \quad (1)$$

Donde d es la diferencia entre las distancias de los espejos al divisor y  $\theta$  es el ángulo que sustenta la

recta que va del centro del espejo M2 al punto de la pantalla con un eje perpendicular a M2, ver Figura 2.

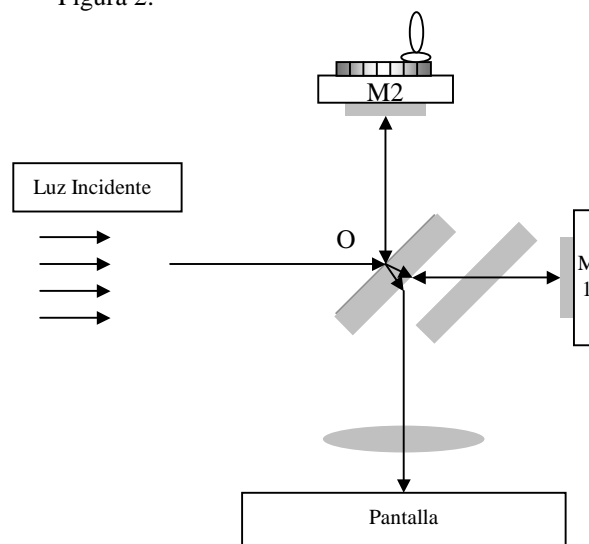


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental.

Siempre que  $\Delta\phi$  sea menor que la longitud de coherencia podrá apreciarse el fenómeno de interferencia en la pantalla.

Moviendo el espejo M2, puede variarse  $\Delta\phi$  y así encontrar la zona de interferencia.

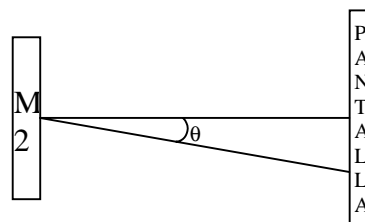


Figura 2: El ángulo  $\theta$  es el definido entre la normal al espejo M2 y la recta que va del espejo a un punto de la pantalla.

### 1) Longitud de Coherencia<sup>[1]</sup>:

El tiempo de coherencia ( $\Delta t$ ) de una fuente luminosa se define "vagamente" como el lapso durante el cual se puede predecir la fase de una onda en un punto del espacio.

La longitud de coherencia ( $c \Delta t$ ) da una noción del máximo camino óptico que puede haber entre 2 puntos del espacio de forma tal que pueda correlacionarse la diferencia de fase.

En los puntos que se encuentran a distancias mayores, la diferencia de fase varía muy rápidamente con el tiempo por lo que no pueden apreciarse fenómenos tales como la interferencia.

La longitud de coherencia se estima midiendo la distancia en la que se puede mover el espejo M2 sin perder el patrón de interferencia.

### 1) Resultados y discusión:

En la tabla 1 se muestran las longitudes de coherencia para las diversas fuentes estudiadas:

Fuente	Longitud de coherencia
Diodo Láser 1	77.2 $\mu\text{m}$
Diodo Láser 2 <sup>1</sup>	>2 mm
Luz de Sodio	>2 mm

Tabla1: resultados de la estimación de la longitud de coherencia para diversas fuentes.

Donde >... indica una cota inferior debido a que la máxima diferencia de camino que se puede lograr con el interferómetro utilizado es de 2 mm debido a la longitud del tornillo micrometrado.

Si bien se realizaron mediciones de la longitud de coherencia para fuentes poli cromáticas, como lámpara dicróica y de filamento, la respuesta en frecuencia del interferómetro, altera el espectro de emisión de las lámparas recortando algunas frecuencias.

Como resultado se percibe una longitud de coherencia mayor que la real.

### Conclusiones:

Respecto de la determinación de la longitud de coherencia de una fuente, cuando la misma es muy pequeña es esencial contar con un instrumento muy preciso para variar la distancia entre los espejos.

En este sentido el tornillo debe contar con un paso 1 micrómetro y no de 10  $\mu\text{m}$  como comúnmente se utiliza ya que cuando se quiere mover el tornillo se producen movimientos involuntarios que entorpecen la visión de la interferencia al punto que se hace muy difícil visualizarla.

Una solución para el caso en el que no se cuente con un tornillo micrométrico consiste en adosar

un motor que realice un movimiento lento y continuo.

Por otra parte para la detección de la zona de interferencia es recomendable utilizar un fotodiodo conectado a un osciloscopio.

Una vez localizada puede utilizarse una lente para visualizar la figura en una pantalla.

Respecto de la medición de la longitud de coherencia para fuentes poli cromáticas, es necesario asegurarse que el instrumento no altera en forma apreciable el espectro ya que la misma se relaciona en forma inversamente proporcional con el ancho de banda.

Para caracterizar la respuesta en frecuencia del interferómetro, puede utilizarse un monocromador y analizar el espectro a la entrada y salida del sistema.

### 2) Líneas del Sodio:

El Na se caracteriza por 2 líneas en el visible muy cercanas cuya longitud de onda promedio es de 589,3 nm <sup>[2]</sup>. En este sentido se intenta determinar la diferencia de las 2 longitudes de onda.

De la ecuación 1, se deduce que hay interferencia constructiva siempre que

$$2 d \cos[\theta] = m_0 \lambda_0 \quad (2)$$

Considerando que se observa el centro del patrón, esta ecuación se reduce a

$$2d = m_0 \lambda_0 \quad (3)$$

Dado que el Sodio emite en 2 longitudes de onda, los máximos de interferencia para cada una, no ocurren necesariamente a la misma distancia d.

Para algunas distancias, los máximos correspondientes a una longitud de onda se superponen con los mínimos de la otra, resultando una figura de interferencia con mínimo contraste.

Cuando se superponen los máximos de cada longitud de onda se puede apreciar una imagen de interferencia bien nítida.

La distancia d, a la que esto ocurre se relaciona con la diferencia de longitudes de onda de la siguiente manera <sup>[2]</sup>:

$$2 d \Delta\lambda = \lambda_p^2 \quad (4)$$

donde  $\lambda_p$  es la longitud de onda promedio y d es la distancia entre dos puntos de máximo contraste.

<sup>1</sup> DL MellesGriot

## 2) Resultados y discusión:

La diferencia de las longitudes de onda del Sodio fue estimada en:

$$\Delta\lambda \cong (0,61 \pm 0.05) \text{ nm.}$$

## Conclusiones:

La medición de la diferencia de las líneas del sodio concuerda con la hallada en la literatura<sup>[3]</sup>.

$$\Delta\lambda = 6.1 \text{ nm}$$

## Conclusiones Generales:

Si bien nuestros resultados son cualitativos, brindan una idea respecto del orden de magnitud de las cantidades medidas.

Nuestra experiencia con fuentes poli cromáticas, nos brindó la posibilidad de observar una de las características del Interferómetro de Michelson que lo hacen muy útil como espectrómetro.

La misma consiste en que el orden cero, es decir la posición donde la interferencia constructiva se da para todas las longitudes de ondas, no esta en el centro de la figura de interferencia sino en los extremos.

En el centro se encuentra el orden m-ésimo ( $m_0$ ) ec. 3.

Esto es, partiendo de una situación en la que la luz llena toda la pantalla, variando la distancia  $d$ , las líneas correspondientes a diferentes longitudes de onda, pasarán a través de la pantalla en posiciones diferentes. Si bien para los primeros órdenes la diferencia puede ser imperceptible, la separación aumenta con el orden que se observa.

## Referencias:

[1] E. Hetch, "optics" (Addison-Wesley Pub. Co., New York, 1990)

[2] S. Gil y E. Rodríguez, "Física re-Creativa" (Prentice Hall, Buenos Aires, 2001)

[3]

<http://cannon.sfsu.edu/~etapio/ph490/sodata.html>