

Interferencia y difracción II: interferometro de Michelson.

Versión 1.0

Héctor Cruz Ramírez^{1*}

Antonio Alfonso Rodríguez-Rosales²

¹Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

²CICTEG

*hector.cruz@ciencias.unam.mx

octubre 2018

Índice

1. Introducción	1
2. Principio básico	2
3. Objetivos	3
4. Experimento	4
5. Pormenores de la práctica	6
6. Agradecimientos	6

1. Introducción

En la teoría referente a la interferencia, la luz presenta un comportamiento ondulatorio tal y como lo mostró con su experimento Thomas Young, el cual por medio de rendijas divide el frente de onda principal para lograr frentes de onda secundarios y así obtener patrones de interferencia (1803). En la práctica del experimento de Young (Interferencia y Difracción I: experimento de Young) utilizando un par de rendijas en el que el espacio entre ellas es conocido, la separación entre los máximos y mínimos se utilizan para determinar la longitud de onda λ de la fuente; o por lo contrario si la λ es conocida, la separación entre las rendijas se puede determinar por medio del patrón de interferencia.

En esta práctica se utilizará el esquema de división de amplitud de onda (intensidad) basado en el experimento que originalmente propuso A. Michelson (1881) para la probar la existencia del éter (un medio hipotético en el cual la luz se propagaba); en la actualidad el interferómetro de Michelson, ver Figura (2) es un instrumento ampliamente utilizado para mediciones de longitudes de luz, al utilizar la longitud de onda de una fuente conocida se pueden medir distancias extremadamente pequeñas así como el de realizar investigaciones de medios ópticos. Existen otros métodos similares, como es el caso del Interferómetro de Twyman-Green el cual es una variación del de Michelson siendo muy utilizado en la prueba de componentes ópticas donde una lente se coloca para evaluar sus propiedades ópticas al detectar cualquier irregularidad a través del patrón de interferencia (aberraciones esféricas, coma y astigmatismo. Otro interferómetro es el Fabry-Perot, en el que se utilizan dos espejos parcialmente reflejantes paralelo donde el patrón de franjas similares al del Interferómetro de Michelson, este tipo de interferómetros se utilizan en láseres y espectroscopía fina de alta resolución [5, 1, 2, 3, 4].

De vital importancia en los equipos interferométricos, es el de saber en dónde estarán localizadas las franjas, esto es, dónde se debe enfocar el detector (fotodetector, cámara, telescopio, ojo). Para ello es importante clasificar a las franjas en dos categorías:

1. Franjas reales (localizadas): Son aquellas que se pueden observar sobre una pantalla sin que se utilice algún sistema óptico auxiliar.

Franjas virtuales (no localizadas): En este caso se refiere a la convergencia de los rayos en una pantalla, utilizando componentes ópticos (lente positiva).

2. Principio básico

Volviendo al tema objeto de la práctica, ver Figura (2) muestra un diagrama del interferómetro de Michelson, en ésta, el haz de luz de la fuente (F) se divide con el divisor de haz (B) el cual refleja el 50 % y transmite el 50 % en la superficie etiquetado con 3. El haz incidente es dividido en dos; uno de ellos es reflejado hacia el espejo M_1 y el otro al espejo M_2 , ambos espejos retornan el haz al divisor de haz, de tal manera que ambos se juntan en una pantalla. Al colocar una lente (objetivo) entre la fuente y el divisor del haz, el mismo se expande, observándose un patrón de anillos brillantes y oscuros, es conveniente señalar que cuando las distancias son iguales se nota un sólo disco central sin franjas. Dado que ambos haces fueron divididos de la fuente inicial, se infiere que ellos estaban inicialmente en fase, sin embargo la fase relativa al llegar al mismo punto de la pantalla, dependerá de la diferencia de camino óptico (D.C.O). Dentro de las aplicaciones del interferómetro de Michelson esta el de determinar por ejemplo grosores d de películas o placas muy delgadas, lo cual se obtiene al colocar la misma en la trayectoria de cualesquiera de los espejos; procediendo a contar el número de veces m en que el patrón de franjas se restablece a su

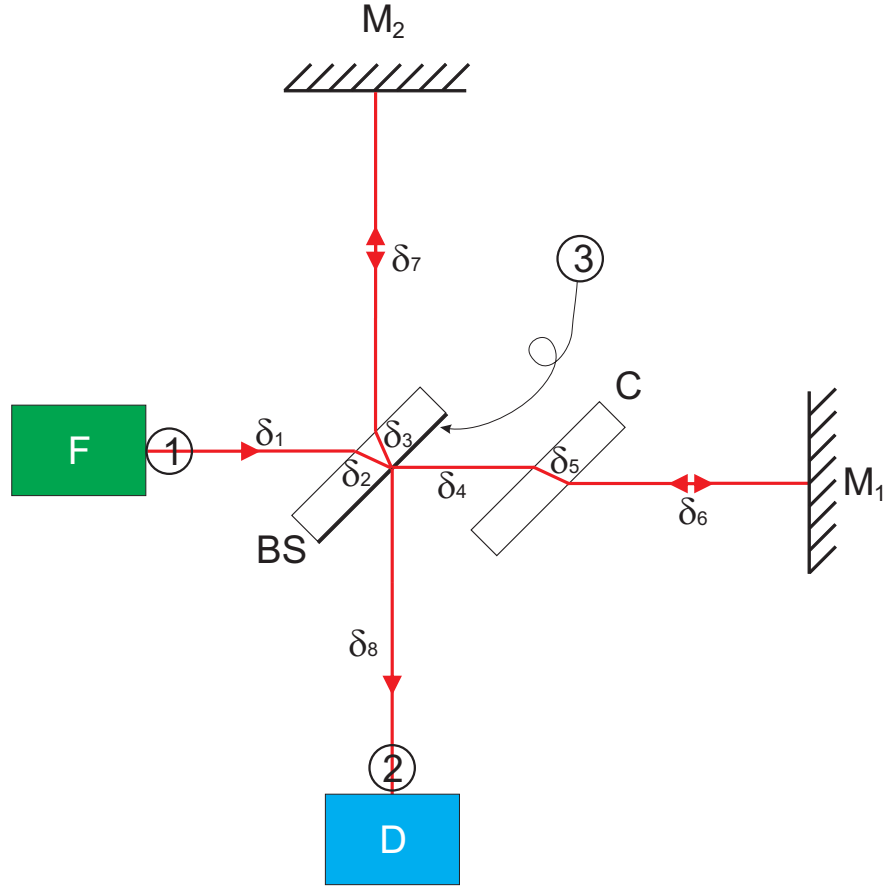


Figura 1: Esquema del interferómetro de Michelson.

posición original (donde se tiene un sólo disco sin franjas), lo anterior significa que el desplazamiento de una franja completa equivale a un retardo de una longitud de onda λ por lo que el grosor para un retardo de m franjas esta dado como:

$$d = \frac{m \lambda}{2} \quad (1)$$

3. Objetivos

Esta práctica, tiene como objetivos lo siguiente:

1. Calibrar el instrumento para determinar el desplazamiento del espejo conforme al movimiento del micrómetro y longitud de onda del láser utilizado.

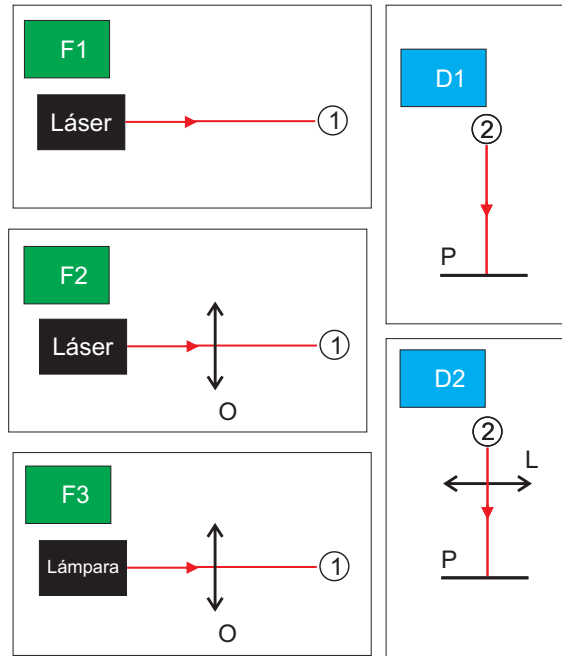


Figura 2: Esquemas de los sistemas ópticos antes de la entrada (1) del interferómetro y después de la salida (2).

2. Obtener un patrón de interferencia de franjas no localizadas.
3. Determinar el grosor de una película o placa delgada. Obtener un patrón de interferencia de franjas localizadas.
4. Utilizar el interferómetro de Michelson como un analizador espectral y con éste determinar la diferencia entre las dos longitudes de onda de la lámpara de sodio.

4. Experimento

Para realizar la presente práctica se puede utilizar cualesquiera de los equipos interferométricos de la marca Beck y Pasco, ver Figura (3) donde se muestra una fotografía del arreglo experimental, los cuales son equivalentes al mostrado en el diagrama esquemático de la Figura (2), para cumplir con los objetivos requeridos, se proponen los siguientes arreglos experimentales[6]:

1. a) alinear el sistema, b) obtención de franjas (circulares) conforme al siguiente punto, c) igualar la distancia de los dos espejos respecto al divisor de haz, lo cual significa el obtener un sólo círculo brillante en la pantalla y

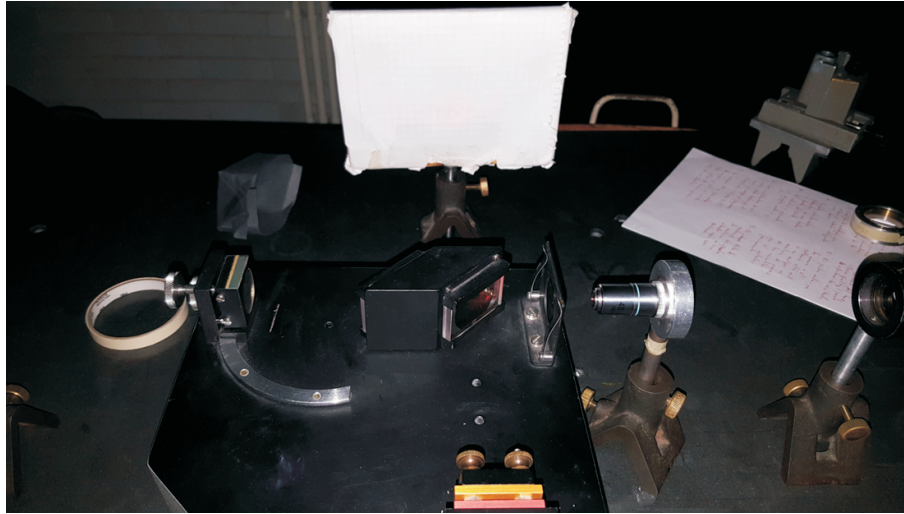


Figura 3: Fotografía de un interferómetro de Michelson.

- d) desplazarse n franjas conforme al movimiento del tornillo micrómetro y con ello determinar la relación existente entre ambos.
2. Franjas virtuales (no localizadas): En este caso se refiere a la convergencia de los rayos.
 3. Franjas reales (localizadas): Son aquellas que se pueden observar sobre una pantalla sin que se utilice algún sistema óptico auxiliar (enfocar) Es de suma importancia la alineación del sistema óptico, por lo que en este caso se sugiere lo siguiente:

Caso de franjas no localizadas

- Procurar que la placa divisora se encuentre a 45° respecto del haz.
- Se tapa el espejo M_2 y se marca en la pantalla el punto de incidencia del haz proveniente del espejo M_1 (tener cuidado de las reflexiones fantasmas, por lo que hay que identificar la proveniente del haz principal).
- Se destapa M_2 y se bloquea M_1 y con el tornillo giratorio que se encuentra en la parte posterior del espejo, se ajusta hasta que el haz proveniente de M_2 coincida con el marcado anteriormente.
- Sin el objetivo y desbloqueados los espejos se procede a evaluar que ambos haces estén alineados (se aleja y acerca la pantalla del interferómetro para verificar que se conserve la alineación).
- Se monta y alinea el objetivo y se procede a observar sobre la pantalla (posiblemente se requiera un ajuste fino) el patrón de franjas no localizadas.

- Se procede a jugar con este patrón variando la diferencia de camino óptico (D.C.O.), lo cual se logra al desplazar el espejo M_1 y dependiendo de la D.C.O. se obtiene un determinado número de franjas de igual inclinación, al rotar M_2 se varía el centro de las franjas, entre mayor sea la D.C.O. mayor será el número de franjas.

Caso de franjas localizadas

- Proceso similar al anterior, salvo que en este caso es recomendable alinear el sistema con el objetivo y la lente.
- Para determinar el grosor de una película delgada, primero se calibra en ceros con el substrato sin la película, después se coloca ésta y nuevamente se lleva a cero contabilizando el número de franjas (se recomienda que sea de un grosor de pocas micras).
- (Lámpara de sodio) Emite en dos longitudes de onda, los máximos de interferencia para cada una de estas, no suceden a la misma distancia d . Los máximos correspondientes a una longitud de onda se superponen con los mínimos de la otra, notándose interferencia con mínimo contraste, cuando se superponen los máximos de cada longitud de onda permiten apreciar una imagen de interferencia bien nítida, esta es la distancia d asociada a la diferencia de longitudes de onda conforme a la Ecuación (??)

$$2 d \Delta \lambda = \lambda_{\text{prom}}^2, \quad (2)$$

donde λ_{prom} se refiere al promedio entre las dos longitudes de onda (buscar en tabla espectral cada una de las λ), ver Figura (4).

5. Pormenores de la práctica

La práctica es de tres sesiones de laboratorio.

6. Agradecimientos

Estas notas fueron realizadas con el apoyo del proyectos PAPIME PE107618 (versión 1). Agradecemos al estudiante Samuel Corona Aquino por su contribución a la elaboración de estas notas.

Referencias

- [1] B.D. Guenther, "Modern Optics," Oxford University Press; 2 edition (2015).
- [2] E. Hecht, "Optics," Addison-Wesley; 4 edition (2001).

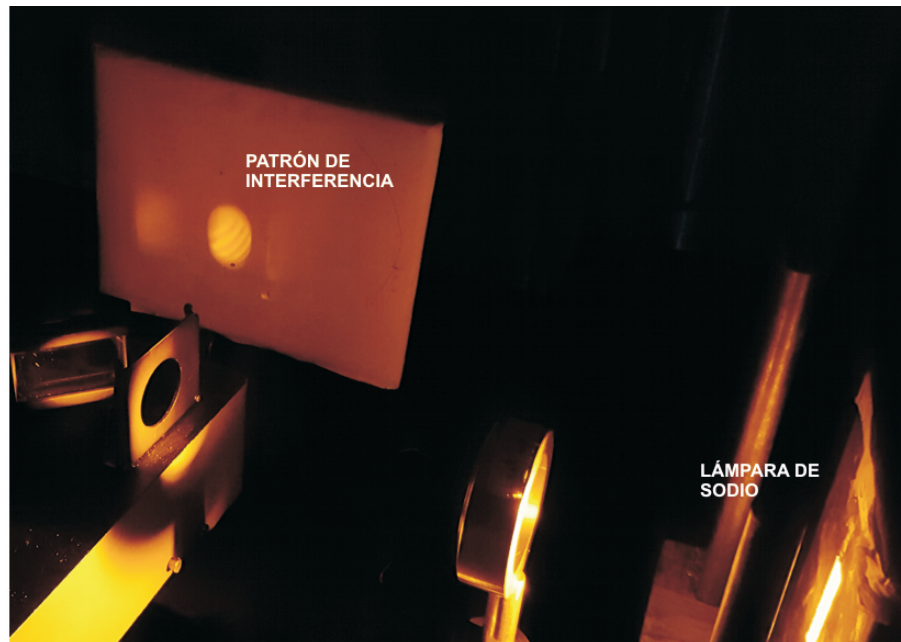


Figura 4: Patrón de interferencia de una lámpara de sodio.

- [3] M. Born and E. Wolf, "Principles of optics," Cambridge University Press; 7 edition (1999).
- [4] B.E.A Saleh y M.C. Teich, "Fundamentals of photonics," Wiley-Interscience; 2 edition (2007).
- [5] "Precision Interferometer-Instruction manual and experiment guide for the PASCO scientific Model OS-9255A y OS-9258A," , 1990.
- [6] Christian Vázquez Villanueva, "Interferómetro de Michelson (Reporte de práctica de Laboratorio)," Facultad de Ciencias, UNAM, 2002.