

Interferómetro de Michelson (completar)

Gómez Arias, Andrés

Nellen Mondragón, Stefan Daniel

20 de noviembre de 2018

Resumen

Se calibra un interferómetro de Michelson de manera exitosa; se obtienen patrones de franjas localizadas y no localizadas; se mide el ancho de una placa de vidrio aceptablemente, pero sin una precisión deseable y se obtiene el ancho entre las bandas de emisión de una lámpara de sodio de manera aceptable, pero no exacta a la esperada dentro del margen de error.

1. Introducción

La interferencia es el fenómeno que ocurre cuando dos ondas se superponen, en general (i.e. en condiciones *típicas*) esto es lineal, lo que implica que la interferencia ocurre de manera aditiva. Un interferómetro es un aparato que permite hacer mediciones controladas con fenómenos de interferencia. El interferómetro de Michelson es un interferómetro de precisión inventado por Albert Abraham Michelson con la intención de probar la existencia del medio etéreo (1887)[2]. Es un diseño sencillo consiste en una fuente de luz que incide a un divisor de haz (en general a 45°), en la dirección original se sigue el haz y es reflejado y regresa al divisor, la fracción reflejada incide sobre un detector (que puede ser desde el ojo hasta un arreglo de fotodetectores). En el lado perpendicular se refleja el haz e incide sobre otro espejo, vuelve a pasar por el divisor y el haz transmitido incide sobre el detector. Es común agregar una placa compensadora del lado reflectivo del divisor de haz, para igualar la longitud de camino óptico de los haces (esto es necesario para observar interferencia en fuentes de poca coherencia o incoherentes). Se incluye algún aparato para controlar la posición de alguno de los espejos (en general el opuesto al receptor) y para controlar la inclinación del otro (modificando así su inclinación relativa). En este caso no se inclinaron los espejos. Así, se tiene un interferómetro de división de amplitud produciendo franjas de igual inclinación (Haidinger)[1].

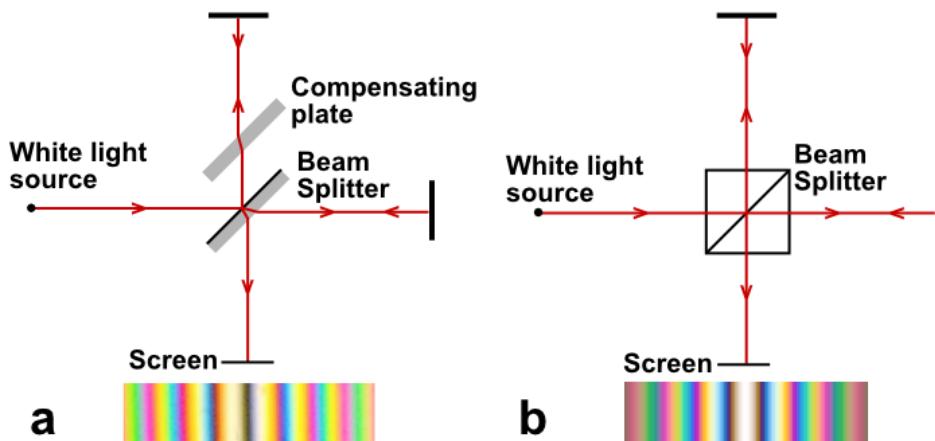


Figura 1: Esquema del interferómetro de Michelson, con una fuente de luz blanca. a) es el interferómetro descrito, b) emplea un divisor cúbico para igualar la longitud de camino óptico. Obtenido de: https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson_interferometer#/media/File:Michelson_interferometer_using_white_light.png, de uso libre bajo licencia CC BY-SA 3.0.

Se pretende calibrar el aparato contando el numero de freanas que se ven al mover el espejo una distancia dada. Con esta información se medirá el grosor d de un placa delgada, esta corresponde a la diferencia de los 0 de las configuraciones con y sin placa, que no es más que el punto donde hay un mínimo de franjas (se ve una mancha). Después, se observarán franjas reales, virtuales, localizadas y no localizadas, todo esto se hace con un láser (o una lámpara de sodio). Finalmente, se mide la diferencia de longitud de onda del doblete de sodio a partir de la distancia entre máximos de interferencia dados por $2l\Delta\lambda = \lambda_{promedio}^2$ [1].

Las bandas de emisión de la lámpara de sodio se ubican en $589,0nm$ y $589,6nm$. Ésto da un $\Delta\lambda = 0,6nm$ y $\lambda_{prom} = 589,3nm$.

2. Desarrollo Experimental

Se empieza alineando el interferómetro con un láser, usando el método de los dos diafragmas. Se alinea al centro de la entrada de luz del interfeómetro. Esto se hace para alinear la altura del sistema. Una vez alineado el láser se alinean los espejos del interferómetro, esto es que el láser incida lo más cercano posible al centro de ambos espejos y del divisor. Al mismo tiempo, uno de los espejos se puede mover y se coloca de tal forma que se sobrepongan los dos haces principales (reflejado y transmitido) hasta ver un patrón de interferencia. Después, se alinea una lente de microscopio al láser e interferómetro usando dos diafragmas. Esto concluye la parte principal de alineación.

Se calibra el interferómetro centrando el patrón de anillos en una pantalla (el detector) y aumentando la distancia entre espejos. Esto se hace contando anillos. Se cambia la distancia hasta que se vea el transcurso de algún multiplo entero de 10 anillos y se mide la distancia. Se repite esto varias veces y a distintos múltiplos, con la finalidad de hacer un ajuste. Esto es necesario para obtener resultados en los siguientes experimentos.

Se procede a medir el grosor de la placa. Se calibra el interferómetro con una placa transparente delgada del lado del espejo opuesto a la fuente. Se coloca de tal manera que sea ortogonal al haz, es decir que el haz reflejado y transmitido vayan en la misma dirección. Se mide el anillo 0 sin placa, es decir el punto (o intervalo, en este caso), donde el patrón de interferencia se una mancha carente de anillo. Se coloca la placa y se mide su anillo 0. Se repite este proceso varias veces (lo que resta de la clase).

Se coloca una cámara modificada (para servir de arreglo de fotodetectores) en la posición del detector y se toman imágenes del patrón de interferencia del láser. Esto es la imagen no localizada y real. Después se colocan en la posición de la lente de microscopio una lente convergente y una lámpara de sodio, la lente se alinea antes de poner la lámpara con el sistema mediante el láser y los dos diafragmas. Se toman imágenes con la cámara, debido al uso de la lente, el patrón es virtual y localizado en el plano de convergencia del sistema óptico.

Se mantiene la lámpara en su posición y se busca la región donde haya interferencia. Se encontró que esto es más sencillo encontrando un 0 con el láser y luego colocando la lámpara. Después, se modifica la distancia hasta que la intensidad de patrón sea máxima, se mide el intervalo donde esto ocurre. Se modifica la distancia hasta encontrar un segundo máximo y se mide su intervalo. Se repite el proceso varias veces. Esto se hace para medir la diferencia de longitud de onda del doblete de sodio. Esto concluye el experimento.



Figura 2: Arreglo experimental, visto (con un ángulo) desde el detector



Figura 3: Arreglo experimental, sistema de alineación (se está alineando la lente en este ejemplo)

3. Resultados

Tomadas las 5 mediciones, se hizo un ajuste para λ en la ecuación $d = \frac{n\lambda}{2}$.

Relación entre el número de franjas y el cambio de separación

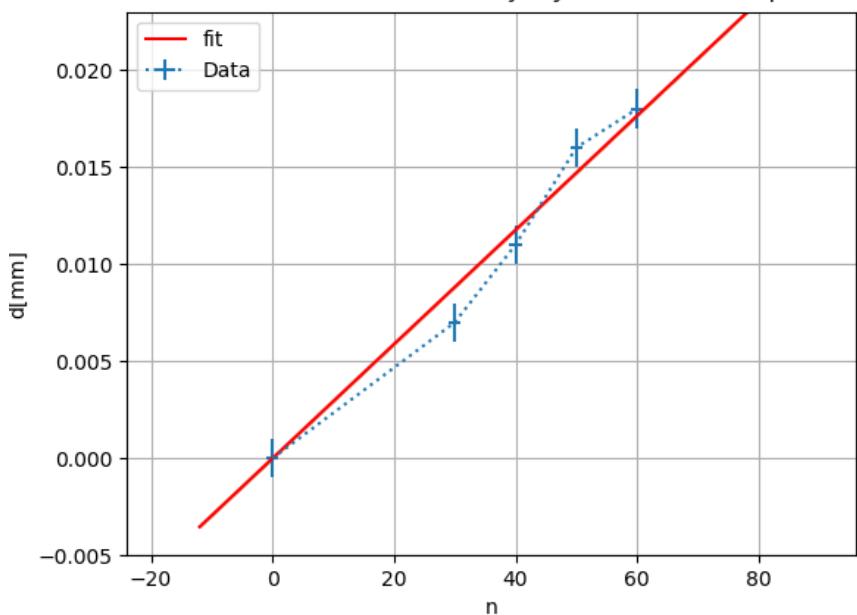


Figura 4: Ajuste de λ a la ecuación de distancia dadas n franjas

Se ajustó un $\lambda = 588nm \pm 0,001nm$.

Se puede observar en la siguiente imagen el patrón de franjas de la lámpara de sodio (reales)



Figura 5: Patrón de la lámpara de sodio

Con respecto al cero del Vernier del interferómetro, se hicieron varias mediciones para encontrar el cero de la diferencia de camino óptico:

Cero[mm]
0.950
0.938
0.992
0.756
0.680
0.796

Donde el promedio y desviación estándar dan $0,852\text{mm} \pm 0,125\text{mm}$.

Al colocar la placa, éste se ubicaba un poco antes del cero del Vernier del interferómetro (cero en los negativos). Por lo que sólo se pudo hacer una estimación de $-0,25mm \pm 0,2mm$. La diferencia entre éstas dos mediciones es el grosor de la placa: $1,102mm \pm 0,236mm$ Por otro lado, se midió con un Calibre de Vernier que dicho grosor era $1,2mm \pm 0,05mm$.

Para la distancia entre máximo y mínimo contraste de la lámpara de sodio, se obtuvo que $d = 0,151mm \pm 0,052mm$, de modo que $\Delta\lambda = \frac{\lambda_{prom}^2}{2d} = 1,1nm \pm 0,4nm$

4. Discusión

Se trabajó con un láser de luz aparentemente naranja. Tomando en cuenta que la luz amarilla está entre $570 - 590nm$ y la anaranjada entre $590 - 620nm$, el ajuste es suficientemente razonable.

Dada la dificultad para encontrar el cero de la diferencia de camino óptico, la incertidumbre de la desviación estándar resultó ser considerable, si lo comparamos con respecto a un Calibre de Vernier por ejemplo. Aún así, la incertidumbre debida a la estimación del cero con la placa (pues ésta se salía un poco de la escala), resultó ser la mayor, y la que dominó el error total. Los resultados entre el interferómetro y el Vernier concuerdan dentro de la incertidumbre, pero una placa sólo ligeramente más delgada hubiera arrojado resultados más precisos.

Para el contraste del patrón de la lámpara de sodio hubo dificultades similares (sólo se pudo encontrar una medición suficientemente consistente). Mientras que el mínimo contraste era muy fácil de encontrar (el patrón desaparecía sólo en un intervalo muy estrecho), la búsqueda del máximo contraste resultó ser bastante subjetiva. Para éste se tomó el punto medio de un intervalo donde considerábamos máximo el contraste y la longitud media de éste como incertidumbre. La anterior fue la responsable de la incertidumbre en d . Aún con ella, el resultado del ancho de separación de las franjas apenas y no concuerda con el esperado. Sospechamos que se debe al mismo problema para encontrar el máximo contraste.

5. Conclusiones

Los resultados fueron satisfactorios. La longitud de onda ajustada para la calibración del instrumento resultó ser suficientemente aceptable. El ancho de la placa se midió de manera exitosa, pero con un error más grande que el de un Vernier normal debido a que ésta era muy gruesa y una medición se salía un poco de la escala. El ancho entre las bandas de la lámpara de sodio no fue exactamente el esperado, pero casi dentro del margen de error. Entre menos subjetividad estaba involucrada en las mediciones, mayor precisión y mejor relación entre lo esperado y lo obtenido. Para una medición realmente precisa se recomienda usar un sensor preciso que tome imágenes del patrón y las analice exactamente de la manera deseada.

Referencias

- [1] Cruz, H. (Octubre, 2018). *Interferencia y difracción II: interferometro de Michelson*. Versión 1.0 18/11/2018, de Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM Sitio web: http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/5268/interferencia_y_difraccion_II.pdf
- [2] Autor(es) desconocidos. *Stokes parameters*.

18/10/2018, de Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Michelson_interferometer