

Rol del espectro de frecuencias de la luz en el patrón de interferencia de un interferómetro de Michelson-Morley.

Alejandro Mariscal

202020440

Diciembre 2024

Introducción

En 1887 Albert A. Michelson y Edward W. Morley se propusieron medir el recorrido de la tierra por el medio teórico de la luz llamado el éter, para esto inventaron un interferómetro, más adelante llamado interferómetro de Michelson-Morley, que consiste en una fuente de luz coherente que emita un haz de luz monocromática que se dirige hacia un espejo semi transparente que divide el haz en dos de modo que ambos recorran caminos distintos, los cuales usualmente tienen distancias distintas, de modo que se encuentren con espejos que reflejen dichos haces para finalmente reencontrarse en el divisor nuevamente que emite la luz a un detector, donde se producirá un patrón de interferencia debido a la diferencia de caminos de la luz (Meyer-Arendt, 1995).

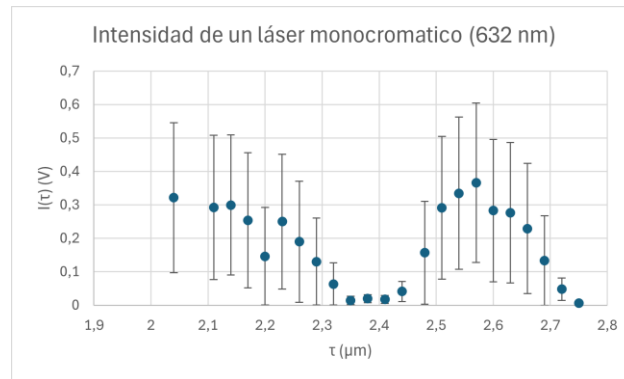
A pesar de que el experimento dio resultados negativos, de acuerdo con lo esperado, Michelson y Morley lograron demostrar que el éter no existía dado que la luz no tenía dirección aparente de preferencia por mucho que se alterara la dirección del interferómetro. Estos resultados fueron la base para lo que algunos años después sería la teoría de la relatividad de Albert Einstein (Shankland, 1964). No solo eso, sino que el experimento demostró ser útil para medir diferentes fenómenos en óptica dado su diseño relativamente sencillo con importantes resultados en patrones de interferencia.

Así, en este experimento se pretende analizar este interferómetro a fondo, en particular se pretende estudiar cómo cambia el patrón de interferencia de la luz dependiendo del espectro que se use como base para el experimento. Esto tiene implicaciones importantes en óptica dado que si se conocen estos resultados se pueden ajustar experimentos futuros de modo que se pueda controlar el espectro utilizado que se adapte más a las necesidades de lo que se pretende medir.

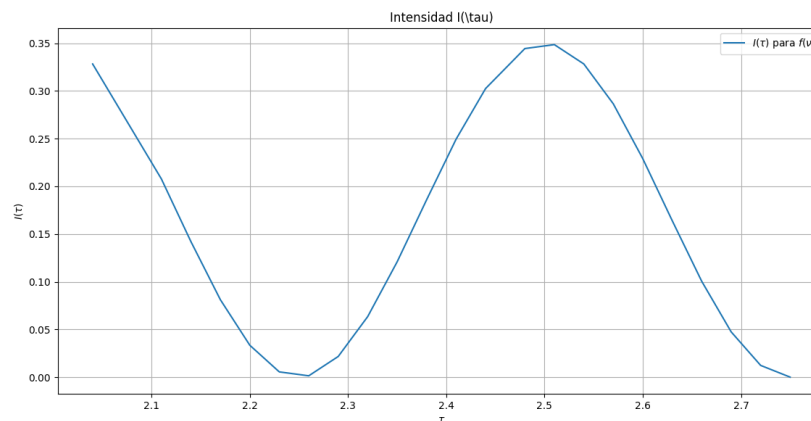
Desarrollo

Para este proyecto se midió en el laboratorio el patrón de interferencia producido por un láser monocromático de 632nm. Esto se realizó a través de un fotodiodo conectado a un osciloscopio que medía la intensidad de la luz y la reportaba como voltaje. A la hora de tomar

estos datos, estos se median moviendo el espejo del interferómetro con un piezo eléctrico de tal forma que este se moviera micras de manera controlada, después se dejaba estabilizar el osciloscopio en ese punto y se tomaba el dato, esto debido a que había mucho ruido al momento de hacer las mediciones. Al final, el valor reportado en la grafica es el promedio de los datos que se midieron en el osciloscopio. La grafica que representa todo esto se ve a continuación.

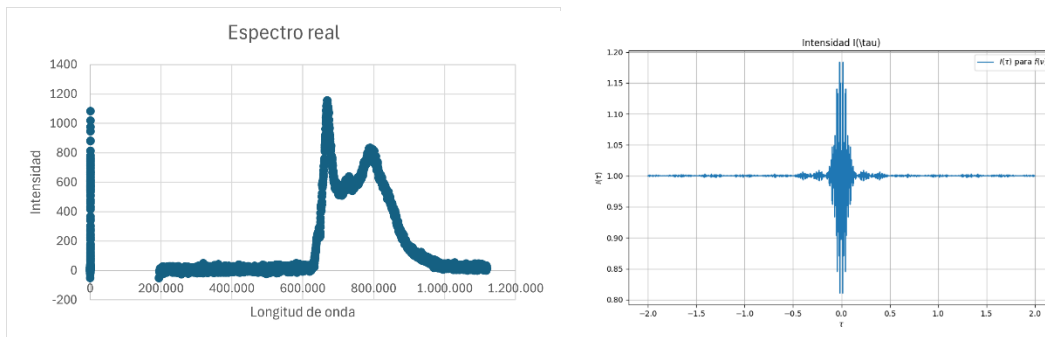


Ya con esto, se desarrolló un código que pudiera modelar este patrón de interferencia, y cualquier otro con los parámetros adecuados, usando este como referencia y calibración. Para ello se modeló la ecuación $I(\tau) = I_0(1 + \int f(\nu)e^{-i\nu\tau} d\nu \cos(\omega\tau))$ donde cada uno de los parámetros es ajustable para que se acerque con la mayor fidelidad a los datos que se están observando el laboratorio. Es importante mencionar que el programa resuelve la integral que se presenta en la ecuación de manera numérica, por lo que sirve para cualquier tipo de espectro de luz que se le pase el programa definido desde los parámetros sin perder generalidad. En la imagen a continuación se presenta la simulación que se realizó de los datos que se midieron en el laboratorio, con un valor de R^2 de 0.7172.



Se puede ver que ambos, tanto el simulado como el medido, tienen la misma forma, por lo que podemos asegurar que el código funciona, sin embargo, para acabar de analizar la efectividad del programa, se le pidió a un compañero de maestría que proporcionara datos de espectros y patrones de interferencia con una forma no definida que él se ha encontrado en el laboratorio en experimentos propios y bajo el programa se logró generar el patrón de

interferencia que produciría dicho espectro, sin embargo, para este espectro no se pudo confirmar su fidelidad puesto que el experimento de este compañero radica en cruzar diferentes espectros mas que en uno mismo con diferencia de caminos, por lo que queda fuera del alcance de este código, pero de todas formas es interesante ver el análisis. Tanto el espectro como el patrón simulado se presentan a continuación



Conclusiones

Se desarrolló un código que es fiel a los principios de la física óptica y a la realidad experimental, diseñado para ser sencillo de utilizar y altamente adaptable. Este programa puede ser modificado en todos sus parámetros, lo que le permite modelar, con un margen de error reducido, los patrones de interferencia generados para cualquier espectro de luz, ya sea que tenga una forma definida o presente características más complejas.

En este contexto, el código resulta ser una herramienta valiosa al facilitar la comparación entre los patrones de interferencia previstos por el modelo y los obtenidos experimentalmente. Esta capacidad de contraste permite a los investigadores identificar de manera efectiva posibles discrepancias, lo que es especialmente útil para verificar si durante el transcurso del experimento se están cometiendo errores. De este modo, el programa no solo proporciona predicciones teóricas confiables, sino que también funciona como un medio para validar la precisión de los procedimientos experimentales.

En suma, este desarrollo contribuye significativamente al campo de la óptica al ofrecer una herramienta que no solo simplifica el análisis de patrones de interferencia, sino que también incrementa la confiabilidad de los experimentos relacionados con la interacción de la luz. Su adaptabilidad y precisión lo posicionan como una solución tecnológica que promueve la rigurosidad científica y optimiza los procesos de investigación experimental.

Bibliografía

Meyer, A. (1995). *Introduction to Classical and Modern Optics*. Prentice Hall.

Shankland, R. S. (1964). Michelson-Morley Experiment. *American Journal of Physics*.