

TÍTULO: Interferómetro de Michelson

Centro: British School Alzira

Curso/ Ciclo: 2 BAC

Categoría de concurso: FÍSICA

María Guerrero Jiménez y David Cebolla Ruiz. TUTOR: Raúl Lacomba Perales

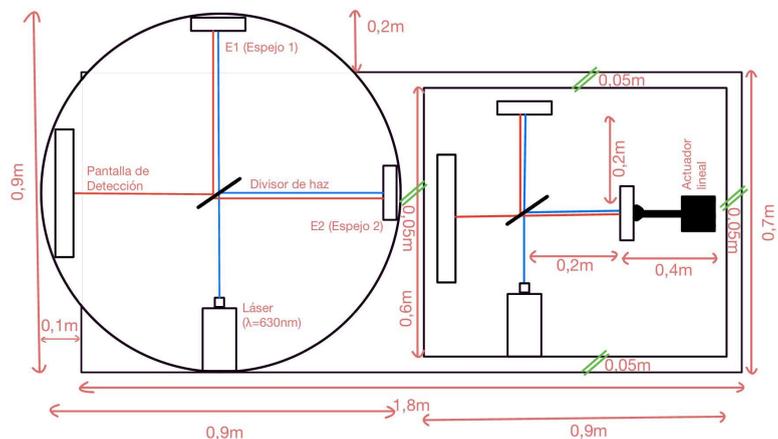
1. Resumen breve del proyecto y objetivos:

Nuestro proyecto tiene como objetivo mostrar a través de demostraciones y experimentos cuán importante es el desarrollo tecnológico para el avance físico y viceversa. El interferómetro de Michelson es un brillante ejemplo de cómo un simple aparato puede cambiar completamente nuestra visión sobre el mundo.

- Experimento:
 - Medición de longitudes de ondas.
 - Determinación de índices de refracción
- Demostración:
 - Recreamos el experimento de Michelson-Morley para mostrar cómo se eliminó la creencia de que las ondas luminosas viajan a través del éter.

2. Material y montaje (Incluir alguna figura, esquema o fotografía del montaje de resolución medio-baja):

- Divisor de haz.
- Espejos planos. Uno fijo y otro móvil.
- Actuador lineal con plataforma móvil.
- Motor para rotar la base circular.
- Láser.
- Lente divergente.
- Pantalla de detección.



3. Fundamentación: Principios físicos involucrados y su relación con aplicaciones tecnológicas

Interferometría:

Para poder construir y hacer un correcto uso del interferómetro de Michelson hemos empleado diversos principios físicos de óptica geométrica y ondulatoria:

→ Patrones de interferencia + El principio de superposición:

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{k\Delta}{2}\right) \quad \Delta = n\lambda \rightarrow \text{Superposición en fase (las amplitudes se suman)}$$

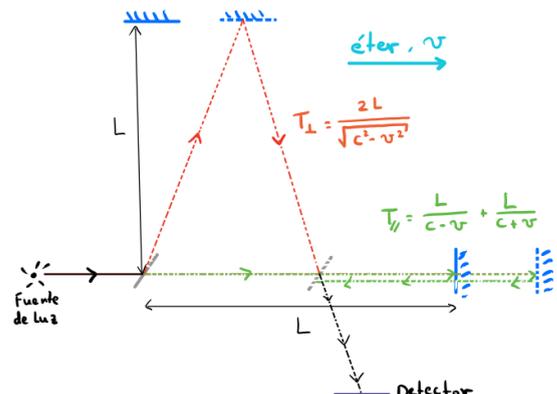
$$\Delta = (2n + 1)(\lambda/2) \rightarrow \text{Superposición en oposición de fase (se restan las amplitudes)}$$

$n \in \mathbb{Z}$ $k = 2\pi/\lambda$ Diferencia de camino óptico

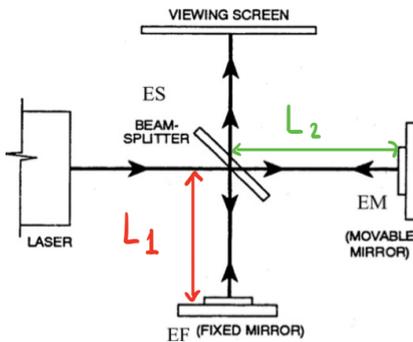
- Reflexión y refracción.
- Características de las ondas transversales.

Experimento de Michelson-Morley:

Este experimento demuestra la inexistencia del éter. Buscamos una diferencia de velocidad entre la luz que se mueve en la misma dirección que el viento del éter y la que se mueve perpendicularmente a dicho viento. Esto se logra a través del uso de patrones de interferencia. Dividimos un rayo en dos y mandamos cada uno en direcciones perpendiculares para después reunirlos. De acuerdo con la figura que muestra los rayos de luz arrastrados por el éter vistos desde un sistema en reposo, se puede demostrar² que la diferencia de de camino óptico entre los dos haces perpendicular y longitudinal viene dada por: $\Delta = Lv^2/c^2$. De hecho Michelson y Morley rotaron el sistema 90°, y como ambos haces intercambian sus roles, haciendo la diferencia entre el camino de la primera configuración y la segunda se esperaba un corrimiento de las franjas: $N = (\Delta_1 - \Delta_2)/\lambda = 2Lv^2/c^2$



Medida de la longitud de onda del láser:

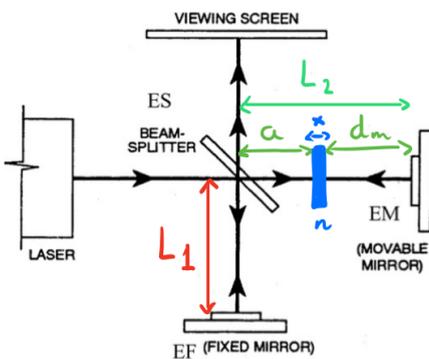


Para obtener la longitud de onda del láser parametrizamos: $L_2 = L_1 + d_m$, donde d_m es el desplazamiento que hacemos del espejo móvil. De esta forma imponiendo la condición de interferencia constructiva para la diferencia de camino óptico obtenemos:

$$\Delta = 2L_2 - 2L_1 = 2 d_m = m\lambda \rightarrow d_m = m\lambda / 2 ; m = 0, 1, 2, 3...$$

Contando el número de máximos que aparecen en el centro del patrón de interferencias (m) y midiendo la distancia recorrida (d_m) podemos encontrar λ .

Medida del índice de refracción de un bloque de cristal plano-paralelo:



En este caso hacemos la parametrización $L_2 = a + nx + d_m$, donde 'a' es la distancia fija entre el divisor de haz y la primera cara del bloque, 'n' es su índice de refracción y 'x' su espesor. Imponiendo en este caso la condición de interferencia constructiva para la diferencia de camino óptico:

$$\Delta = 2L_2 - 2L_1 = 2(a + nx + d_m) - 2L_1 = m\lambda \rightarrow d_m = m\lambda / 2 + L_1 - a - nx$$

Contando el número de máximos que aparecen en el centro del patrón de interferencias (m), midiendo la distancia recorrida (d_m) y ahora conociendo el valor de λ , de la expresión anterior podemos obtener 'n'.

4. Funcionamiento y Resultados: observaciones y medidas.

Interferometría:

- Al medir el índice de refracción del cristal prevemos obtener un valor cercano al 1.50.
- Al medir la longitud de onda de nuestro láser prevemos obtener un valor cercano a 630 nm.

Mecanismos Motrices:

Utilizamos un actuador lineal de plataforma móvil para desplazar un espejo plano, alcanzando una precisión de 60µm por paso.

Experimento de Michelson-Morley:

Utilizando las dimensiones de nuestro interferómetro obtenemos un valor para el corrimiento de las franjas de:

Tomamos que la velocidad del éter es igual a la velocidad de rotación de la tierra en su órbita

$$N = [(0,45 + 0,45) / (630 \cdot 10^{-9})] \cdot [(3 \cdot 10^4)^2 / (3 \cdot 10^8)^2] = 1/70$$

$L_1 = L_2 = 0,45$ $\lambda = 630nm$

Conclusiones:

El experimento de Michelson-Morley deberá proporcionar un resultado negativo que rechace la existencia de un éter. Dadas las limitaciones técnicas no hemos podido hacer uso de una longitud mayor para los brazos del instrumento (con los cuales se hubiesen mostrado resultados más claros, Michelson y Morley utilizaron una longitud de 11 m para cada uno de los brazos por lo que pudieron observar un mayor corrimiento en las franjas). De todas formas nuestro interferómetro nos permite hacer una clara demostración del fenómeno de interferencia debido a la diferencia de camino óptico entre sus brazos, con la medida de la longitud de onda del láser empleado y por otro lado la obtención del índice de refracción de un bloque de cristal interpuesto en uno de los brazos.

5. Bibliografía

- 1) 2.2 The Michelson Morley experiment: <https://faculty.etsu.edu/gardnerr/5310/5310pdf/dg2-2.pdf>
- 2) [Experimento de Michelson y Morley - Wikipedia](#)
- 3) Make a Rotating Table "Lazy Susan": <https://www.instructables.com/Make-a-Rotating-Table-Lazy-Susan/>
- 4) Artículo original del experimento de Michelson-Morley: <https://history.aip.org/exhibits/gap/PDF/michelson.pdf>
- 5) Ligo interferómetro: https://dcc.ligo.org/public/0117/T1400762/001/interferometer_2014.pdf