

Aplicación interferómetro de Michelson

Daniel Vázquez Lago

26 de abril de 2025

Resumen

En el presente texto veremos una aplicación del interferómetro de Michelson en la metrología. Más concretamente vamos a estudiar la medida de la temperatura de una sala usando el mismo. Usando el mismo principio (pero a la inversa) calcularemos el coeficiente de dilatación térmica de un medio transparente.

Esta aplicación es, si se quiere pensar así, un cololario de la medida de pequeños espesores visto en el tema. Veamos como se calculan entonces pequeñas distancias, para luego implementar nuestro cálculo.

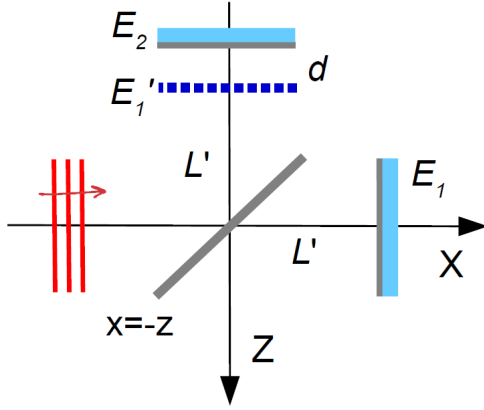


Figura 1: interferómetro de Michelson (Apuntes óptica II 2023 USC, Suso Liñares).

Supongamos que inicialmente el interferómetro de Michelson lo tenemos en camino nulo ($d = 0$). En este caso obtendremos un campo casi uniforme. Posteriormente introducimos una lámina delgada de espesor e entre el divisor y E_1 . En ese caso aparecerán una serie de anillos, provenientes de la fase interferencial adicional $\Phi = k_0(n-1)(2e)$. Luego necesitamos desplazar una distancia Δd el espejo E_1 para así compensar el camino óptico de la lámina (desplazar hacia el divisor). Si $\Delta' = 2(n-1)e = 2\Delta d$ con $2\Delta d = \Delta m \lambda_0$ siendo Δm el número de anillos que han aparecido, tendremos que podremos calcular e como

$$e = \frac{\Delta m \lambda_0}{2(n-1)} \quad (1)$$

Ahora llega el punto de nuestra aplicación. Una vez hayamos compensado el espejo habremos hallado e y los patrones habrán desaparecido. Supongamos entonces que nuestro bloque de vidrio (o tubo de vidrio) tiene un coeficiente de dilatación lineal α_L :

$$\alpha_L = \frac{1}{e} \frac{\Delta e}{\Delta T} \quad (2)$$

Si la temperatura de la habitación se modifica una cantidad ΔT , el vidrio habrá aumentado su espesor una cantidad Δe tal que:

$$\Delta e = e \alpha_L \Delta T \quad (3)$$

donde e es la longitud original, para la temperatura original T_0 . Debido a este aumento del tamaño tendremos que desplazar el espejo una cantidad Δd (de nuevo). En ese caso tendremos que:

$$\Delta e = \frac{\Delta m \lambda_0}{2(n-1)} \quad (4)$$

despejando la temperatura esto implica que

$$\Delta T = \frac{1}{e \alpha_L} \frac{\Delta m \lambda_0}{2(n-1)} \quad (5)$$

O, en el caso de conocer la temperatura que se ha aumentado ΔT , podríamos obtener el coeficiente de dilatación lineal:

$$\alpha_L = \frac{1}{e \Delta T} \frac{\Delta m \lambda_0}{2(n-1)} \quad (6)$$

Lógicamente esto tiene varias fallas. En primer lugar tendríamos que contar el número de máximos/mínimos que aparecen para poder obtener una medida. En el caso de un aumento muy grande de la temperatura podría haber tantos mínimos que la teoría óptica casi ondulatoria/paraxial usada para obtener estas expresiones sea insuficiente. Contar los máximos/mínimos además supone que tenemos que mirar directamente el patrón, lo que en la práctica es bastante aparatoso si lo comparamos con un termómetro piezométrico, aunque hoy en día existen programas capaces de contarlos con gran precisión. Otro problema sería el tamaño, y mover los espejos, calcular e etc. Es obvio que la cantidad de problemas a solucionar es elevado, y la ingeniería detrás del termómetro de Michelson (si se le quiere llamar así) es elevada, pero como un estudio preeliminar podría

funcionar.

Para complementar un poco el contenido del informe vamos a añadir algún tipo de dato práctico para saber cual podría ser la precisión de nuestro aparato. Dado que una longitud de onda de láser típica podría ser $\lambda_0 = 600\text{nm}$; el vidrio tiene un índice de refracción $n = 1,5$. El coeficiente de dilatación del vidrio es de $\alpha_L \approx 9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Un tamaño para un termómetro normal podría ser de unos 20cm. En ese caso tendríamos que:

$$\Delta T \approx \frac{\Delta m}{30} \quad (7)$$

Es decir, la resolución máxima sería de unos 0.03°C o 0.03K , lo cual es un buen resultado. Habría que considerar otros efectos y ver, en la realidad, como se comporta. Aún suponiendo que el orden de magnitud es acertado, y nada más, el termómetro de Michelson sería bastante preciso. Colocar un tubo mas grande daría una resolución mayor, así como usar longitudes de onda mas pequeñas. Otra forma de aumentar la resolución sería usar un vidrio con alto índice de refracción.