

Preinforme - Magnetostricción

Juan José Guzmán Mejía* and Juan Sebastián Sánchez Lozano**
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 6 de septiembre de 2024)

I. OBJETIVOS

En este experimento queremos observar el fenómeno de interferencia haciendo uso de un láser con la configuración de Michelson. Además, buscamos examinar el impacto de la magnetostricción en diferentes materiales y poder medir el efecto de la histéresis magnética en el níquel.

II. CONTEXTO HISTÓRICO

En la mitad del siglo XIX ya estaba casi confirmada la teoría de que la luz es una onda. No obstante, hasta donde se sabía, todas las ondas necesitan de un medio para propagarse. En el caso de la luz aun no existía un medio, por lo cual, los físicos propusieron la existencia del éter. Es decir, la luz se propaga haciendo vibrar el éter. Es por esto que, Albert Michelson que había estado estudiando la velocidad de la luz, encontrara atractivo comprobar la existencia del éter. Es por esto que Michelson ideó un montaje para comprobar esto, el cual luego se llamó interferómetro de Michelson [1].

Por su parte, la magnetostricción es un fenómeno descubierto por el científico James Joule en 1842. Él notó en uno de sus experimentos que cuando aplicaba un campo magnético a una barra de hierro, el tamaño de la barra cambiaba. Según estas observaciones, cuando son sometidos a un campo magnético, los materiales magnéticos cambian sus dimensiones físicas. Es por esto que el fenómeno se denominó 'magnetostricción Joule'[2].

El montaje de Michelson será útil para apreciar el efecto de magnetostricción, ya que al aplicar un campo magnético a distintos materiales, estos se van a contraer o elongar. Este cambio en su tamaño producirá un cambio también en su patrón de interferencia. Estudiar este fenómeno es importante para el progreso de

la física de materiales al estudiar a nivel atómico como estos se comportan en respuesta a campos magnéticos.

Adicionalmente, el fenómeno de la magnetostricción tiene varios casos de aplicación. Este parámetro es crucial para determinar propiedades clave como la permeabilidad de materiales magnéticos [3]. Dado que el fenómeno implica un intercambio de energía entre los estados magnético y elástico, los materiales magnetostrictivos son útiles tanto en aplicaciones de control de movimiento como en sistemas de detección. También se utilizan en una amplia variedad de dispositivos para el control de vibraciones en equipos mecánicos [4].

III. MARCO TEÓRICO

En primera instancia, la configuración estándar de un interferómetro de Michelson permite que un haz de luz láser sea separado en dos haces parciales gracias a un instrumento óptico hecho a base de materiales semitransparentes llamado divisor de haz. Estos haces se reflejan en dos espejos y luego se recombinan para producir interferencia debido a la diferencia de fase que se produce en la trayectoria, observando zonas de mínima intensidad y zonas de máxima intensidad [5]. Una fórmula importante de este apartado que se usará en el análisis cuantitativo del informe tiene que ver con la distancia entre mínimos:

$$d_n = \frac{N\lambda}{2}, \quad (1)$$

donde N es el número de mínimos en un punto fijo y λ es la longitud de onda. Esta distancia estará relacionada directamente con el cambio en la longitud de las barras ferromagnéticas por la magnetostricción.

La magnetostricción es el fenómeno físico por el cual un material ferromagnético cambia su forma cuando está en presencia de un campo magnético, lo que quiere decir que hay una relación entre las propiedades magnéticas y elásticas del material. Esta deformación no

* Correo institucional: j.guzmanm@uniandes.edu.co

** Correo institucional: js.sanchez11@uniandes.edu.co

sucede hasta el infinito, sino que existe un valor de saturación [4].

En el caso de una barra de longitud rodeada por una bobina de alambre que conduce corriente, habrá un incremento en su longitud al estar paralelo al campo magnético inducido por la bobina. Las dimensiones perpendiculares al campo tienden a decrecer, de manera que el volumen permanece casi constante.

El cambio longitudinal relativo

$$\frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

también suele llamarse magnetostricción en la literatura y suele tener un orden de magnitud de 10^{-6} , por lo que se requieren métodos de medición bastante precisos [6]. En este sentido, este concepto hace referencia tanto al fenómeno como a la cantidad mensurable consecuencia de este. Curiosamente, es posible tener magnetostricción negativa en algunos materiales como el níquel, donde la longitud paralela al campo decrece y la perpendicular crece [7]. En la guía de laboratorio se presenta una fórmula para cuantificar el cambio longitudinal:

$$\frac{\Delta L}{L} = -\frac{\gamma \mu H}{E}, \quad (3)$$

donde μ es la permeabilidad magnética, H es la fuerza del campo magnético, E es el módulo de elasticidad y γ es la derivada parcial de la tensión elástica con respecto al campo magnético inducido.

De igual manera, en la guía también se tiene la fuerza del campo magnético hecha por una bobina:

$$H = \frac{NI}{\sqrt{(4r^2 + l^2)}}, \quad (4)$$

donde N es el número de vueltas, I es la corriente eléctrica, r es el radio de la bobina y l es la longitud.

Una de las múltiples formas de medir el cambio de longitud resultante es con interferometría óptica, en este caso, haciendo uso del interferómetro en la configuración de Michelson [4]. La base de esto está en que uno de los espejos con los que se refleja uno de los haces parciales se une con la barra ferromagnética, de manera que se mueve gracias al cambio en la longitud y así el patrón de interferencia también se va moviendo. Por consiguiente, se cuenta el número de mínimos que van pasando en un punto fijo del patrón y se usa la fórmula 1 para calcular el cambio de longitud.

IV. MONTAJE EXPERIMENTAL

A. Componentes

- Mesa óptica
- Láser tipo He/Ne
- Fuente de alimentación para el láser
- Fuente de alimentación para la bobina
- Varillas de hierro, cobre y níquel
- Divisor de Haz (BM)
- Espejos móviles (M)
- Lente montado (L)
- Pantalla blanca (SC)
- Bobina (C)

B. Modificación

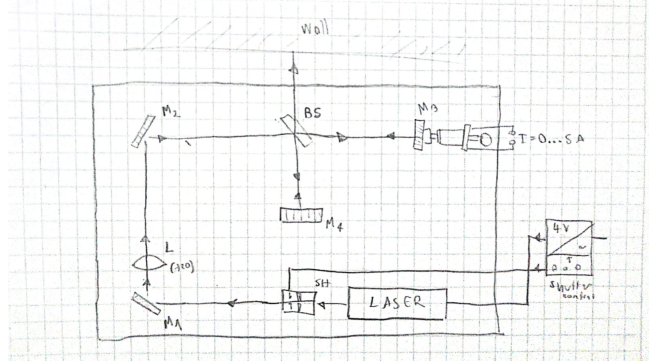


Figura 1. Esquema modificado hecho a mano del montaje del interferómetro de Michelson. Se pueden observar los espejos (M), el láser (L), un obturador (SH), la bobina (C) y el lente (L).

En la figura 1 se puede observar el esquema modificado que se pidió en la guía de laboratorio. De esta manera, el patrón de interferencia se observaría en una pared, lo que es una mejor opción porque así se puedan contar los mínimos adecuadamente.

V. PROCEDIMIENTO

A. Advertencias

1. Quitar objetos reflectantes especialmente a la altura del láser, ya que pueden desviar el rayo láser inesperadamente.
2. Nunca poner los ojos a la altura del láser o en alguna trayectoria de este. Asegurarse de que el láser se propague horizontalmente y que esté bien asegurado.
3. Evitar tocar los espejos, ya que esto puede dañarlos y causar reflexiones indeseadas.

B. Verificaciones

1. **Antes de encender el láser:** Verificar que no haya ningún tipo de obstrucción. Los componentes del montaje deben estar bien alineados según el esquema del montaje modificado, de tal manera que el patrón de interferencia se vea en el muro.
2. **Después de encender el láser:** Verificar si no hay alguna reflexión inesperada y ajustar el obturador. Es importante cerrar el obturador cuando se cambie o alinee un elemento óptico significativo y cuando no se estén tomando datos. Recordar ce-

rrar las cortinas para proteger a personas externas de posibles reflexiones.

C. Pasos

1. Asegurarse de que el haz de luz reflejado en los espejos coincida con el punto de partida, que el espejo M3 esté al final de la barra y que la barra esté centrada en la bobina (magnetización uniforme y constante).
2. El divisor de haz (BM), el espejo (M)3 y el espejo (M)4 deben posicionarse para observar un patrón circular. Cuando esto pase, poner el lente y ajustarlo según la necesidad con el fin de que se observe el patrón adecuadamente.
3. En el momento de variar el campo magnético con la bobina, se debe hacer un barrido de 0.5 a 5A teniendo en cuenta la premagnetización. Luego de esto, contar el número de mínimos a ciertos valores de corriente y repetir para cada barra, pero para el níquel se precisa empezar desde -5 hasta 5A (y viceversa para ver una curva de histéresis). Adicionalmente, medir el campo magnético en cada configuración de corriente.

VI. EJERCICIOS TEÓRICOS

En la guía de este experimento no se presentaron ejercicios teóricos. Sólo se pidió una modificación en el esquema del montaje, cosa que ya se hizo en la sección correspondiente.

-
- [1] J. M. Sanchez, "El interferómetro de michelson: de la relatividad especial al escándalo volkswagen," 2015.
 - [2] A. Grunwald and A. G. Olabi, "Design of a magnetostrictive (ms) actuator," *Grunwald, Artur and Olabi, Abdul-Ghani (2008) Design of a magnetostrictive (MS) actuator. Sensors and Actuators A: Physical, 144 (1). pp. 161-175. ISSN 0924-6460*, vol. 144, pp. 1–3, 05 2008.
 - [3] H. Samata, Y. Nagata, T. Uchida, and S. Abe, "New optical technique for bulk magnetostriction measurement," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 212, no. 3, pp. 355–360, 2000.
 - [4] N. Ekreem, A. G. Olabi, T. Prescott, A. Rafferty, and M. Hashmi, "An overview of magnetostriction, its use and methods to measure these properties," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 191, pp. 96–101, 08 2007.
 - [5] M. Ikram and G. Hussain, "Michelson interferometer for precision angle measurement," *Appl. Opt.*, vol. 38, pp. 113–120, Jan 1999.
 - [6] A. R. Piercy, "The changing shape of magnetostriction," *Physics Education*, vol. 32, p. 160, may 1997.
 - [7] A. Rafferty, S. Bakir, D. Brabazon, and T. Prescott, "Calibration and characterisation with a new laser-based magnetostriction measurement system," *Materials & Design*, vol. 30, no. 5, pp. 1680–1684, 2009.