

Magnetostricción

Seguridad láser

Al trabajar con láseres, es esencial seguir pautas de seguridad rigurosas para prevenir cualquier riesgo para la salud ocular y garantizar un ambiente de trabajo seguro.

Recuerde que las gafas protectoras, aunque útiles, no proporcionan una protección total en todas las circunstancias, por lo que es esencial depender en gran medida de métodos complementarios para el control de riesgos, como las barreras físicas y las buenas prácticas como se describe en los siguientes párrafos. Para láseres cuya exposición es peligrosa es recomendado implementar un temporizador (timer) adecuado en el obturador para limitar la exposición al láser y prevenir cualquier exposición prolongada e innecesaria, y usar gafas protectoras. La seguridad siempre debe ser la prioridad máxima al trabajar con láseres para garantizar un entorno de trabajo libre de riesgos.

En algunos contextos (baja potencia y longitud de onda visible) no es práctico usar gafas protectoras. Por ejemplo, no es posible realizar el alineamiento grueso de muchos sistemas sin retroalimentación sobre la posición del haz y para láseres visibles de baja potencia esto es práctico a ojo. Por otro lado, para realizar mediciones como contar el número de bandas que pasan por un punto, en el contexto de un láser de baja potencia, tiene sentido usar el ojo (aunque también tiene sentido usar una cámara como la del). Finalmente, unas gafas no pueden proteger al usuario adecuadamente si el sistema refleja como una bola de discoteca en un cuarto recubierto de espejos (es fundamental limitar y controlar las reflexiones como se indica a continuación), especialmente si no se verifica si las gafas son idóneas para el láser con el que se está trabajando. Si puede ver el láser, es posible que las gafas no están realizando su trabajo de protección. Hay algunas gafas modernas que reducen la exposición, justamente para permitir la alineación reduciendo el nivel de exposición máximo, pero esto no es una garantía de seguridad por lo que las buenas prácticas son fundamentales.

En particular se recomiendan las siguientes prácticas durante el trabajo con láseres:

- **Quítese cualquier objeto reflectante (reflectivo)** como joyas, botones de chaqueta (plásticos o metálicos) y relojes, ya que pueden redirigir el rayo láser de manera inesperada. Siempre mantenga las superficies reflectantes lejos del área de trabajo láser y tome medidas para minimizar su impacto, es decir ponga atención particularmente a objetos que están a la altura del láser (hebillas de cinturón en el caso de personas altas, elementos ópticos en la mesa, etc.).
- **Nunca coloque sus ojos a nivel del láser o en su trayectoria directa o indirecta.** Para eso es importante:

1. **Nunca bajar los ojos al nivel del láser.** Es obvio, pero algunas personas tienen la tentación de poner la vista a ese nivel para chequear la alineación de los elementos ópticos.
2. **Asegurarse de que el láser se propague en una trayectoria horizontal** (no sube ni baja) para evitar desviaciones inesperadas. En particular debe asegurarse de que el láser no se mueva por error, antes de prenderlo. Hay 6 tornillos plásticos blancos (3 en cada soporte) que le ayudan a asegurar el láser a los soportes y a dirigirlo. Para asegurar el láser debe chequear que los tres tornillos en cada uno de los dos soportes estén en contacto con el láser y ajustados (**suavemente** para evitar el daño de los tornillos plásticos). Para dirigir el láser, desatornille un poco uno de los tornillos blancos en la dirección en la que quiere que se mueva, y posteriormente atornille el o los tornillos complementarios hasta obtener la posición y trayectoria deseadas (el ajuste en el soporte de atrás afecta principalmente la dirección del láser, y el ajuste de la parte más cercana a la apertura afecta principalmente la posición del láser, aunque ambos afectan tanto posición como orientación). Al final verifique que el láser siga ajustado.

■ **Antes de prender el láser** asegúrese de que:

1. No hay elementos ópticos en su camino que puedan desviar el haz de manera inesperada, como soportes (cilíndricos y reflectantes) o espejos que no mantienen la trayectoria horizontal, desorden de elementos ópticos (o posicionamiento aleatorio) en el camino del láser o elementos extraños al montaje. En particular coloque los elementos ópticos en la posición y orientación tan cerca como sea posible al **esquema propio** que realizó del sistema. Para este experimento no se proyectará el patrón de interferencia en la pantalla como dice la guía sino en el muro. Esto asegura mayor tamaño de las rayas y menor intensidad. Adicionalmente se utilizará un lente adicional para realizar esta proyección.
2. Puso el obturador (shutter) frente al láser, orientado correctamente y a la altura de la apertura de salida del láser. Lo puede observar para comprender su funcionamiento antes de prender el láser, subiéndolo a su altura (no bajando los ojos, así esté apagado el láser) para ver la orientación correcta y entender su funcionamiento. Colóquelo lo mejor que pueda frente al hueco de salida del láser, asegurándose de que no se mueva fácilmente.
3. Nota: Es posible que su láser no tenga un obturador automático. En este caso no es necesaria la alineación. Use la perilla que se corre en el hueco de salida del láser para bloquear el láser. Cuando se mencione shutter de aquí en adelante se entenderá que es la perilla en caso de que no haya obturador automático.

■ **Después de prender el láser:**

1. **Asegúrese de que no haya reflexiones en sitios inesperados.**
2. **Alinee el obturador** (shutter, si lo tiene) con el láser moviendo este último según las instrucciones que indican cómo alinearlos y ajustarlos, ya que es

difícil mover de manera precisa el shutter. Si requiere cambiar un poco la altura o el ángulo del shutter realícelo de manera cuidadosa y precisa, evitando movimientos bruscos que puedan desencadenar un potencial peligro. Verifique el funcionamiento del obturador; con el botón de la izquierda se puede abrir y cerrar. Se cierra después de un delay (retraso temporal) que aparece en el contador.

- Después de alinear el shutter con el láser:
 1. Si va a realizar un movimiento de gran amplitud o de posición de algún elemento óptico, **cierre el obturador antes de realizarlo**.
 2. Para hacer ajustes menores, como con las perillas de los espejos, puede mantener el obturador abierto.
 3. Recuerde cerrar el obturador cuando no esté alineando u obteniendo datos.
 4. **Cierre la cortina**, para proteger otras personas que están fuera de la zona de trabajo, dado que reflexiones del láser pueden llegar lejos y afectar a personas fuera del cubículo.
- Finalmente, recuerde **no ponga los dedos sobre los espejos**. Esto no solo daña los espejos, que se deben limpiar prontamente para evitar mayores daños (suba inmediatamente a la administración de laboratorios para poder realizar la limpieza), sino que aumenta la probabilidad de generar reflexiones en direcciones indeseadas por la difracción en las huellas digitales.

Objetivos

- Observar el fenómeno de interferencia con un láser en configuración de Michelson.
- Apreciar el efecto de magnetostricción sobre diferentes materiales.
- Medir el efecto de histéresis magnética en el níquel.

Equipo

- Base de Aluminio de 5 kg (Mesa óptica)
- He/Ne láser
- Fuente de alimentación para láser
- Fuente de alimentación PHYWE
- Varillas de hierro, cobre y níquel
- Divisor de haz
- Soporte de ajuste 35 x 35 mm.

- Espejos móviles 30 x 30 mm.
- Lente montado, $f +20$ mm.
- Pantalla blanca, 150x150mm.
- Bobina

Teoría

En este experimento se busca construir un interferómetro de Michelson en un tablero por medio de componentes ópticas dadas (láser, lentes focales, separador de haces, espejos), y haciendo uso del interferómetro se piensa caracterizar el fenómeno de magnetostricción para diferentes materiales ferromagnéticos y no ferromagnéticos. Esto se logrará aplicando un campo magnético sobre los diferentes materiales que van a ser estudiados, y se va a medir la elongación o contracción que sufran mirando el movimiento del patrón de interferencia.

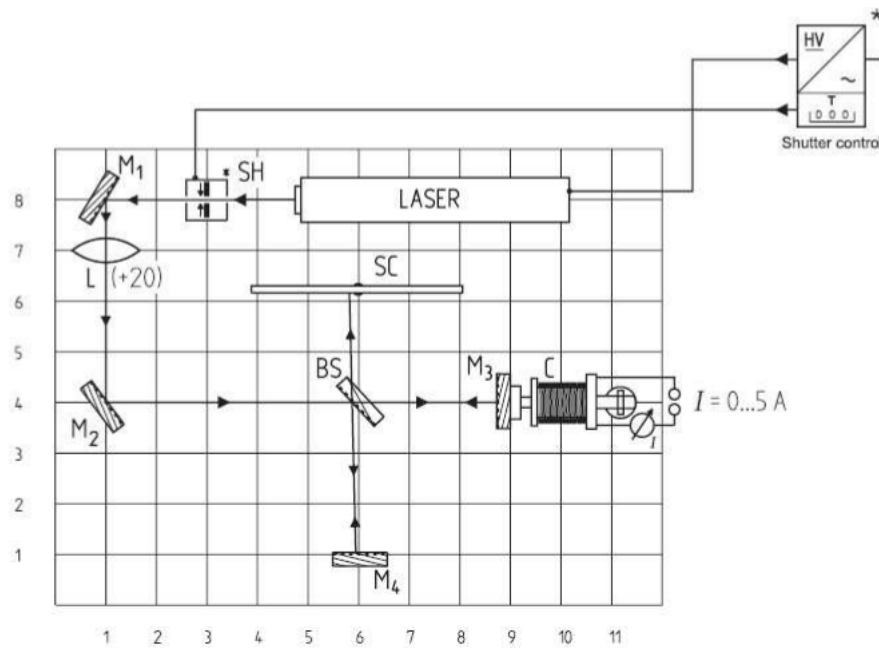


Figura 1: Montaje Experimental

El interferómetro de Michelson está constituido por una fuente de luz, dos espejos, un divisor de haz y una pantalla. El haz de luz sale desde la fuente de luz y se divide en dos haces iguales. Estos recorren cierta distancia antes de llegar a los espejos, y se devuelven al divisor de haz donde ocurre la interferencia. Dependiendo de la diferencia recorrida entre ambos, se dará el fenómeno de interferencia cuyos mínimos están regidos por

$$d_N = N\lambda/2, \quad (1)$$

donde d_N es la distancia que se movió un espejo tal que sobre un punto fijo en el detector ocurrieron N mínimos, y λ es la longitud de onda del láser. El d_N en nuestro experimento, evidencia el cambio de la longitud presentado por el efecto de magnetostricción. Este

cambio de la longitud del material puede ser explicado desde un enfoque termodinámico, donde definimos

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\partial H}{\partial B}, \quad (2)$$

donde μ es la permeabilidad magnética, H es la fuerza de campo magnético, y B es la inducción magnética. El modulo de elasticidad E esta definido por

$$E = \frac{\partial S}{\partial s}, \quad (3)$$

donde S es la tensión elástica y s es la deformación elástica ($\frac{\Delta l}{l}$). Usando relaciones termodinámicas puede ser demostrado que

$$\frac{\partial S}{\partial B} = \frac{1}{4\pi} \frac{\partial H}{\partial s}. \quad (4)$$

Esto es, los efectos de magnetostricción directa y reciproca están relacionados por un factor de $\frac{1}{4\pi}$. De esta relación se puede obtener el cambio longitudinal tal que

$$s = -y\mu\left(\frac{H}{E}\right), \quad (5)$$

donde H_m para una bobina cilíndrica esta dado por

$$H_m = \frac{NI}{(4r^2 + l_s^2)^{1/2}}. \quad (6)$$

Preparación previa

En este experimento resulta más fácil contar las franjas en un muro alejado, del lado opuesto de la pantalla indicada en la figura 1, por lo que es necesario cambiar ligeramente el montaje. Realice un esquema del sistema tendiendo en cuenta este cambio puntual.

Experimento

Primero, acomode el montaje de la manera mostrada en la figura (1.1). Para poder ver el patrón de interferencia correctamente, primero toca seguir los siguientes pasos:

- Para realizar los primeros ajustes, el lente no debe estar en la configuración. Ajuste los espejos de tal manera que al ser reflejado el haz, vuelva a coincidir con el punto de partida. El espejo M3 debe ser colocado al final de la barra del material de estudio, y al insertarlo en la bobina, partes iguales del material deben estar en cada lado de la bobina para asegurar magnetización constante.
- Ahora coloque el divisor de haz de tal manera que un haz parcial llegue al espejo M4, y otro al espejo M3. Haga coincidir los haces reflejados por ambos espejos, y ubique el lente. Debería observar un patrón de interferencia circular.

- Finalmente, conecte la bobina y varíe el campo magnético haciendo un barrido de corriente desde 0.5 hasta 5 Amperios. Antes de empezar a tomar datos de número de mínimos, note que los materiales requieren cierto grado de premagnetización.
- Repita este procedimiento para cada barra. En el caso del Níquel, realice lo mismo empezando desde -5 Amperios hasta 5 Amperios y viceversa.
- Con un teslametro, mida el campo magnético para varias configuraciones de corriente, esto lo usará posteriormente para calcular el campo magnético en cada punto.

Actividad 1

Responda las siguientes preguntas:

- ¿Qué materiales exhibieron el fenómeno de magnetostricción?
- ¿Se contraían o alargaban las barras en cada caso?, ¿Cómo se puede saber?
- ¿Se observó algún fenómeno de histéresis?

A partir de los datos de número de mínimos registrados, usando la ecuación (1.1), halle el cambio de la longitud para cada barra. Usando los datos de campo magnético obtenidos, realice una regresión lineal para conocer el campo magnético para cada valor de corriente. Usando esto, grafique el cambio de la longitud (Δl) sobre la longitud (l) contra el campo magnético. En el caso del Níquel debería ver una curva de histéresis.