

Interferómetro de Michelson

DEMOSTRACIÓN Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN INTERFERÓMETRO DE MICHELSON.

- Determinación de la longitud de onda de la luz de Láser.
- Determinación del índice de refracción del aire en dependencia con la presión del aire.

UE4030410

02/17 JS/ALF

FUNDAMENTOS GENERALES

El interferómetro de Michelson fue diseñado por A. A. *Michelson*, originalmente, para la comprobación del movimiento de la tierra en relación con el éter de la luz. Su principio estructural (véase Fig. 1) tiene, no obstante, un significado esencial puesto que se puede emplear para mediciones interferométricas, por ejemplo, de variaciones de longitud, espesores de capas o índices de refracción: Por medio de un espejo semipermeable, un haz de luz divergente se divide en dos segmentos que se desplazan por diferentes trayectorias. Ambos segmentos se reflejan en sí mismos y, finalmente, se conducen hasta su superposición sobre una pantalla de observación. Allí se origina una imagen de interferencia que reacciona sensiblemente a las modificaciones de la longitud óptica de recorrido de uno de los haces parciales, esto es, al producto del índice de refracción y la longitud geométrica del camino óptico. Si el índice de refracción se mantiene constante, entonces se pueden determinar las variaciones del recorrido geométrico, por ejemplo, variaciones en la longitud de los materiales y su dilatación térmica. Si, por el contrario, el recorrido geométrico se mantiene constante, se pueden determinar los índices de refracción o bien sus variaciones provocadas por cambios de presión, temperatura o espesor.

Si la longitud del camino óptico aumenta o disminuye, en el centro de la imagen de interferencia, correspondientemente, se originan o desaparecen líneas de interferencia. Entre la modificación Δs de la longitud óptica de recorrido y la longitud de onda λ existe la siguiente relación

$$(1) \quad 2 \cdot \Delta s = z \cdot \lambda,$$

en donde el número entero positivo o negativo z indica la cantidad de líneas de interferencia que aparecen o desaparecen en la pantalla de observación.

Si para la medición de la longitud de onda de luz, por medio de un dispositivo de ajuste fino, se desplaza en el espacio uno de los dos espejos a una distancia Δx exactamente determinada, se puede asumir como índice de refracción un valor de $n = 1$ en una buena relación de proximidad. Por tanto, la modificación de la trayectoria óptica es igual a:

$$(2) \quad \Delta s = \Delta x$$

Otra es la situación si se interpone una cámara evacuada, de longitud d , en la trayectoria de un haz parcial. Si se permite la circulación del aire y, de esta manera, la presión neumática de la cámara asciende en un valor p , la longitud de recorrido varía en:

$$(3) \quad \Delta s = (n(p) - 1) \cdot d = A \cdot p \cdot d,$$

puesto que la dependencia de la presión del índice de refracción del aire, con temperatura constante, se puede representar de la siguiente manera:

$$(4) \quad n(p) = 1 + A \cdot p$$

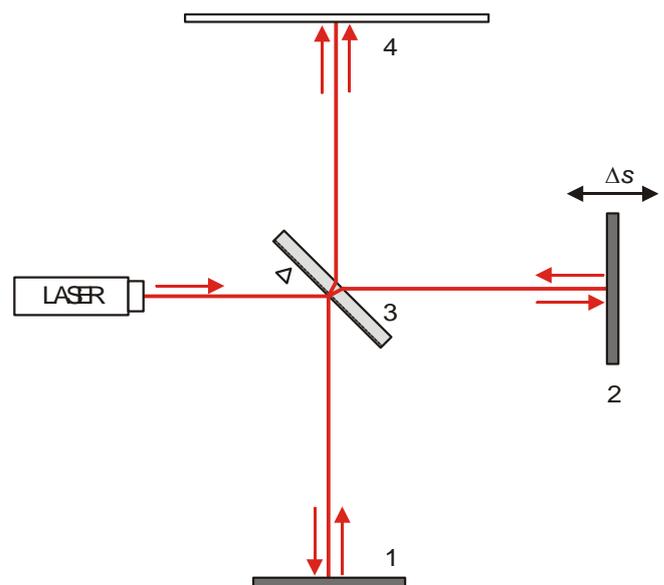


Fig.1: Trayectoria del haz en un interferómetro de Michelson
1: Espejo fijo, 2: Espejo móvil,
3: Divisor de rayo, 4: Pantalla

LISTA DE EQUIPOS

1	Interferómetro	1002651 (U10350)
1	Juego complementario para el interferómetro	1002652 (U10351)
1	Láser de He - Ne	1003165 (U21840)
1	Bomba manual de vacío	1012856 (U205001)
1	Manguera de silicona 6 mm	1002622 (U10146)

MONTAJE



Fig. 2: Interferómetro de Michelson

Observación: La altura requerida para el rayo de luz por encima de la mesa de trabajo debe ser de 60 a 62 mm.

- Se coloca el interferómetro lo más horizontalmente posible sobre una mesa estable.
- Por medio del alargamiento hexagonal se monta el Láser sobre su soporte y se coloca lo más recto posible enfrente de la lente de ensanchamiento del rayo.
- Se retiran el espejo fijo y el divisor de rayo.
- Se afloja el tornillo moleteado de la lente de ensanchamiento y se saca la lente de ensanchamiento del paso del rayo.
- Se ajusta el Láser de tal forma que el rayo incida en el centro del espejo móvil y el mismo sea reflejado y vuelva a incidir en el Láser.
- Para hacer una prueba se intercala la lente de ensanchamiento en medio del paso del rayo y se corrige para que ésta sea alcanzada por el rayo en su centro.
- A continuación vuelve a retirar la lente del paso del rayo.
- Se monta el espejo fijo y se ajusta con los tornillos de ajuste para que la distancia entre la placa portadora del espejo y el propio portador sea igual en todas direcciones y se mantenga entre 5 y 6 mm.
- Se monta el divisor de rayo así que su lado reflejante, caracterizado con un triángulo, esté orientado hacia la división angular, y para que los dos puntos más claros sobre la pantalla se observación se encuentren lo mejor posible sobre una línea vertical.
- Se ajusta el espejo fijo para que los dos puntos más claros sobre la pantalla coincidan.
- Se vuelve a intercalar la lente de ensanchamiento en el paso del rayo y se enclava con tornillo en la posición en

la cual la sección más clara del cuadro se encuentre en el centro de la pantalla.

- Se inclina la pantalla en dirección vertical así que el observador pueda ver un cuadro claro.
- Se hace un ajuste ulterior del espejo, para mantener los anillos de interferencia en el centro de la pantalla.

EJECUCIÓN

Determinación de la longitud de onda de la luz del Láser:

Observación: Durante la medición en lo posible evitar que el aire de la respiración llegue directamente al paso del rayo porque los cambios de la densidad del aire se pueden observar directamente en los anillos de interferencia "en movimiento".

- Primero se gira el tornillo micrométrico en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta una posición muy cerca de 25 mm y girando lentamente en sentido de las manecillas del reloj se retorna hasta la posición $x(0) = 20,00$ mm.
- A continuación se sigue girando el tornillo micrométrico en sentido de las manecillas del reloj hasta que tengan lugar 30 anillos de interferencia completos.
- Se lee la posición $x(30)$ en el tornillo micrométrico y se anota el resultado.

Determinación del índice de refracción del aire en función de la presión neumática:

- Se gira el divisor de rayo de tal forma que la capa semirreflejante muestre hacia la derecha y atrás.
- Se intercala la célula de vacío en el rayo parcial de la derecha (ver Fig. 3).
- Se empalma la bomba de vacío con la célula de vacío.
- Se cambia levemente la posición del espejo ajustable, para mantener los anillos de interferencia en el centro de la pantalla.
- Se evacúa lentamente la célula de vacío y se cuenta el mismo tiempo el número de anillos z que desaparecen.
- En intervalos de tiempo regulares se anotan la depresión p el correspondiente número z .

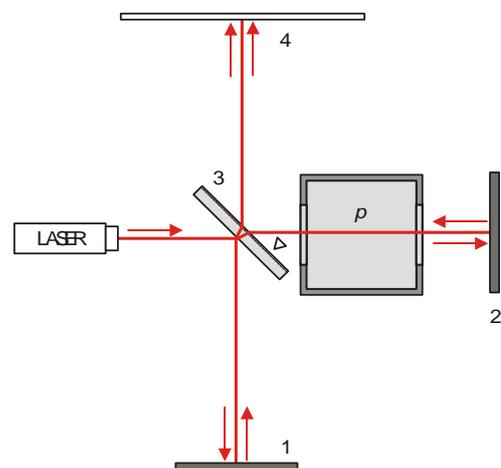


Fig.3: Cámara evacuable en la trayectoria del haz del interferómetro de Michelson

EJEMPLO DE MEDICIÓN

Determinación de la longitud de onda de la luz de láser:

$z = 30$, $x(0) = 15,98$ mm, $x(30) = 7,77$ mm,
Relación de transmisión 1 : 830

Determinación del índice de refracción del aire en función de la presión neumática:

Tab. 1: Número z de anillos de interferencia producidos al vaciar por bombeo una célula de vacío en dependencia con la diferencia de presión Δp

Δp / hPa	p / hPa	z
220	780	10
420	580	16,5
550	450	21,5
650	350	25
720	280	28
780	220	30
800	200	31
820	180	32
840	160	33

EVALUACIÓN

Determinación de la longitud de onda de la luz de láser:

A partir de (1) y (2) se obtiene como ecuación determinada para el cálculo de las longitudes de onda de luz desde la distancia de desplazamiento del espejo:

$$\lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z}$$

El desplazamiento del espejo necesario para la producción de 30 anillos de interferencia es:

$$\Delta x = \frac{x(0) - x(30)}{830} = 9,9 \mu\text{m}$$

$$\text{Es decir: } \lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z} = 660 \text{ nm}$$

Valor bibliográfico: $\lambda_{\text{HeNe}} = 632,8$ nm

Determinación del índice de refracción del aire en función de la presión neumática:

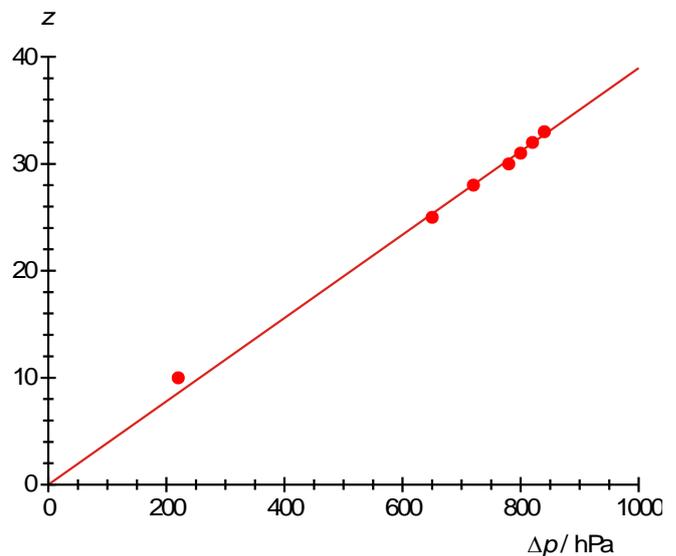


Fig. 4: Número de bandas de interferencia en función de la diferencia de presión

La Fig. 4 muestra en un diagrama la dependencia del número z de bandas de interferencia producidas por la diferencia de presión Δp . Dentro del rango de la exactitud de medida, los puntos de medida se encuentran en una recta que pasa por el origen, con la pendiente:

$$a = \frac{2 \cdot A \cdot d}{\lambda} = 0,039 \frac{1}{\text{hPa}}$$

Es decir:

$$A = \frac{a \cdot \lambda}{2 \cdot d} = 0,30 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{hPa}}$$

El índice de refracción del aire para presión normal es de:

$$n = 1 + A \cdot 1000 \text{ hPa} = 1,0003$$

