

TRABAJO PRÁCTICO Nº 11 (IMP) MICHELSON

RESUMEN. El presente Documento aporta información sobre las mediciones de laboratorio que aportan los datos necesarios para Desarrollar y Elaborar el Informe del Trabajo Práctico de Laboratorio. Dada la situación especial y de excepción por la que atraviesa el País debido a la pandemia por el coronavirus (covid-19) es que se desarrolla esta modalidad especial de cursado para el desarrollo de los trabajos prácticos de laboratorio.

El trabajo práctico sigue los mismos lineamientos que al inicio del cursado. Cada Comisión ya designada elabora el trabajo.

NOTA 1. Valores experimentales están en **color rojo**.

NOTA 2. Este Documento es complementario al Trabajo Práctico de Guía.

NO Usar como modelo de trabajo práctico. Usar Solo como fuente de datos

Introducción

La Fig. 11.1 muestra esquemáticamente el funcionamiento del interferómetro:

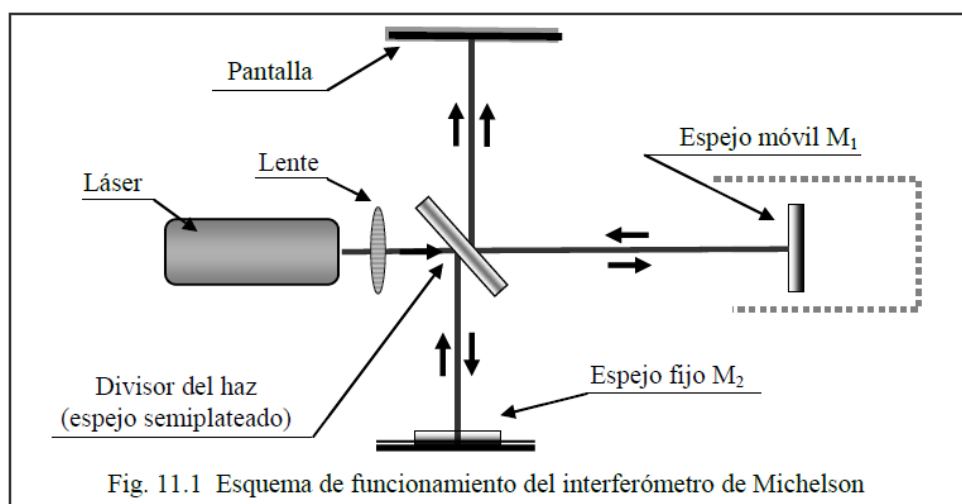


Fig. 11.1 Esquema de funcionamiento del interferómetro de Michelson

El haz de luz proveniente de un láser incide sobre un espejo semiplataado que refleja el 50 % de la luz incidente hacia un espejo fijo (ajustable) M_2 y transmite el otro 50 % hacia un espejo móvil M_1 . Ambos, M_1 y M_2 , reflejan la luz directamente hacia atrás, haciendo que retorne al espejo semiplataado.

El haz de luz proveniente de un láser incide sobre un espejo semiplataado que refleja el 50 % de la luz incidente hacia un espejo fijo (ajustable) M_2 y transmite el otro 50 % hacia un espejo móvil M_1 . Ambos, M_1 y M_2 , reflejan la luz directamente hacia atrás, haciendo que retorne al espejo semiplataado.

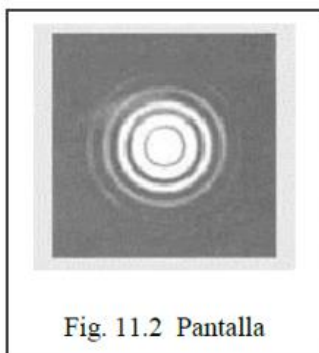


Fig. 11.2 Pantalla

El haz proveniente de M_1 es reflejado hacia la pantalla, y el proveniente de M_2 transmitido, también hacia la pantalla. Como ambos haces provienen de una única fuente (láser) mantienen una absoluta coherencia entre sí, y van a interferir al actuar simultáneamente sobre la pantalla. Si entre el láser y el espejo semiplataado colocamos una lente, el haz se dispersa, y de este modo lograremos que en la pantalla aparezca un patrón de interferencia formado por anillos circulares oscuros y brillantes, alternados, como indica la Fig. 11.2.

Principio de funcionamiento

Moviendo el espejo M_1 (ello es posible mediante un tornillo micrométrico), se modifica el camino que debe recorrer uno de los rayos. Puesto que ese camino es atravesado en dos oportunidades, al desplazar M_1 una distancia $\lambda/4$, el camino óptico del rayo varió en $\lambda/2$. Esto hace que, donde antes teníamos un máximo de interferencia (anillo brillante), ahora tengamos un mínimo (anillo oscuro). Si movemos M_1 una distancia adicional de $\lambda/4$, provocaremos un nuevo desplazamiento de las franjas y la apariencia de la imagen no se podrá distinguir de la original.

Moviendo lentamente el espejo M_1 una distancia d_m , “pasarán” N franjas en el patrón de interferencia que estamos observando en la pantalla, y se cumplirá la relación:

$$2 d_m = N \lambda \quad (11.1)$$

Precauciones a tener en cuenta al operar el instrumento y hacer las mediciones:

Llevar el tornillo micrométrico hasta 0, y después volverlo por lo menos hasta 1, e iniciar la medida a partir de esa posición, y **cuidando de girar siempre en el mismo sentido**. La no realización de ese giro previo, o el cambio de sentido en la rotación del tornillo se traducirá en un error importante, que invalidará la medición.

Contar un número grande de franjas (sugerencia: 50 por lo menos).

Ante una indeterminación, o falla en la cuenta, el error cometido es inversamente proporcional al número total de franjas contadas.

¿Cómo entender el fenómeno?

Una animación puede explicarlo

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=UA1qG7Fjc2A>

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=j-u3IEgcTIQ>

Experiencia 11.1

Objetivo

- Comprobar la calibración del tornillo micrométrico del interferómetro

Equipamiento:

Interferómetro

Láser

Base para alineación del láser

Accesorios del interferómetro

Procedimiento:

La relación (11.1) vincula dos variables: λ y d_m , y nos permite calcular cualquiera de ellas a partir de la otra, contando N .

En nuestro caso, por disponer de una fuente láser cuya longitud de onda es perfectamente estable y conocida con mucha precisión ($\lambda = 632,8$ nm), nos valdremos de la relación para determinar el desplazamiento d_m , verificando de ese modo la calibración del tornillo micrométrico.

Resultados Experimentales.

En base a la relación 11.1 y el procedimiento descripto

Numero de divisiones medidas: 16

Valor de cada división 0,989 μm

N (núm. de franjas) 50

Cálculo Experimental $d_m = \text{num div} \times \text{valor división}$.

Calculo Teórico: se obtiene de la relación 11.1

Actividad 1. Compare los Resultados y de una explicación.

Actividad 2. Luego de ver los videos realice un Resumen

Video 1: <https://www.youtube.com/watch?v=uawZjrU3d1M&t=188s>

Video 2: <https://www.youtube.com/watch?v=SB032G-E6MM>

Video 3: <https://www.youtube.com/watch?v=NEP-EP9JfXI>

Video 4: https://www.youtube.com/watch?v=-lqFX7_kDw0

Experiencia 11.2

Objetivo

- Determinar el índice de refracción del aire.

Introducción

En el interferómetro de Michelson, el patrón de interferencia observado depende de la relación de fase entre los dos rayos interferentes. En la Exp. 11.1, se modificó esta relación desplazando uno de los espejos. En esta segunda experiencia, lograremos el mismo efecto modificando el camino óptico que recorre uno de los rayos, intercalando en su trayectoria una celda (tubo) y cambiando la presión del aire que ella contiene.

Para una onda de una frecuencia específica, la longitud de onda λ varía con la relación:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad (11.2)$$

en donde λ_0 es la longitud de onda en el vacío, y n el índice de refracción del medio en el cual la onda se está propagando (aire en nuestro caso). Para el vacío, donde la presión es cero, n vale 1 y, para presiones razonablemente bajas, n varía linealmente con la presión.

Determinando experimentalmente la pendiente de esa relación lineal, es posible calcular el índice de refracción n a cualquier presión. Tal es el objetivo de esta experiencia.

Equipamiento

Interferómetro.

Láser.

Base de alineación del láser.

Accesorios del interferómetro.

Celda de vacío, con bomba y manómetro

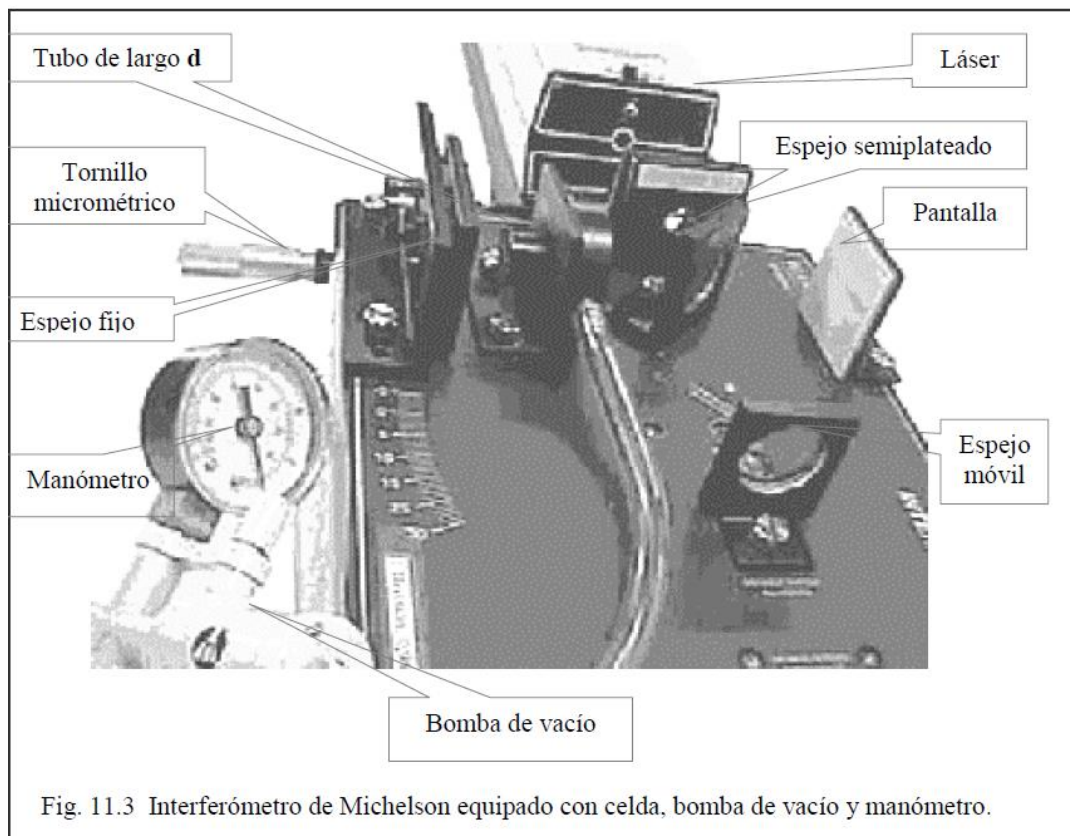


Fig. 11.3 Interferómetro de Michelson equipado con celda, bomba de vacío y manómetro.

Procedimiento:

Al montaje básico del interferómetro se le agrega, en el camino del espejo fijo M_2 , una celda para vacío (tubo de largo d conocido), equipada con bomba y manómetro, como muestra la Fig. 11.3.

Uno de los rayos que interfieren, atraviesa en su camino dos veces la celda de largo d . A la presión P_1 “cabén” en ella N_1 longitudes de onda:

$$N_1 = 2 \frac{d}{\lambda} = \frac{2d}{\frac{\lambda_0}{n_1}} = \frac{2d n_1}{\lambda_0}$$

A la presión P_2 , después de hacer un vacío parcial en el tubo, esa cantidad habrá variado, y tendremos:

$$N_2 = \frac{2d n_2}{\lambda_0}$$

En donde n_1 y n_2 son los índices de refracción del aire a las presiones P_1 y P_2 respectivamente, y λ_0 es la longitud de onda utilizada en el vacío.

Al pasar de una situación a la otra, se podrán contar en la pantalla del interferómetro N franjas:

$$N = N_1 - N_2 = \frac{2d(n_1 - n_2)}{\lambda_0} \quad (11.3)$$

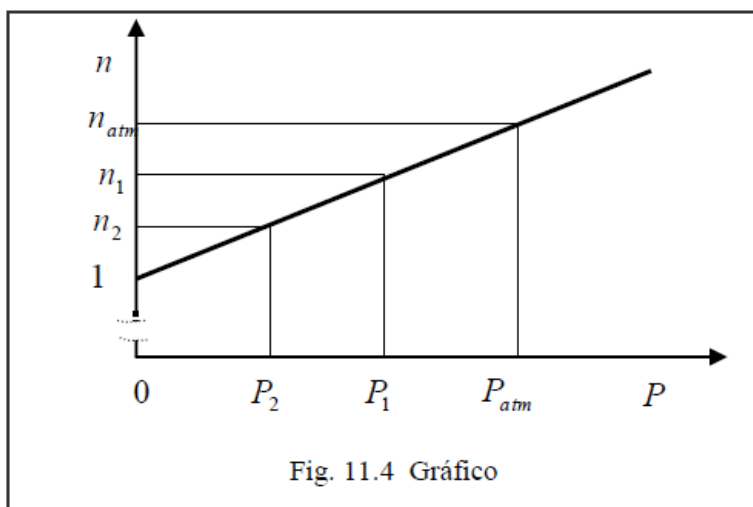
De donde

$$n_1 - n_2 = \frac{N \lambda_0}{2d} \quad (11.4)$$

Dividiendo miembro a miembro por $(P_1 - P_2)$:

$$\frac{n_1 - n_2}{P_1 - P_2} = \frac{N \lambda_0}{2d(P_1 - P_2)} \quad (11.5)$$

Si construimos un gráfico $n = f(P)$, esa sería la pendiente de la recta.



Y en definitiva:

$$n_{\text{atm}} = 1 + \frac{N \lambda_0 P_{\text{atm}}}{2 d (P_1 - P_2)} \quad (11.6)$$

- La experiencia consiste en la determinación de los valores que intervienen en esta última relación; para esto:
- Partiendo del equipo montado como indica la figura, con una presión inicial P_1 , ir accionando la bomba para hacer un vacío parcial en el tubo hasta llegar a un valor de presión final P_2 .
- Los valores de λ_0 (632,8 nm) y d (3,0 cm) son datos garantizados propios del equipo.
- Finalmente calcular el índice de refracción del aire a la presión P_{atm} .

Resultados Experimentales.

Valores iniciales 632, 8 nm y 3 cm.

Bomba de Vacío

NOTA. Se realizan 2 experiencias de medición para poder comparar resultados.

1. Primera experiencia de Mediciones
Presión inicial $P_1 = -10$ cmHg
Presión final $P_2 = -30$ cmHg
Lectura de las imágenes $N = 6$
2. Segunda experiencia de Mediciones
Presión inicial $P_1 = -10$ cmHg
Presión final $P_2 = -40$ cmHg
Lectura de las imágenes $N = 10$

Actividad 3. Resolver.

Con los valores experimentales obtener n_{atm} . (Compare los dos resultados)

Actividad 4. Luego de ver los videos realice un Resumen

Video <https://www.youtube.com/watch?v=248I2U8DsXQ>

Video <https://www.youtube.com/watch?v=fy-oLZHIP8>

-----fin trabajo práctico laboratorio.