

# Introducción a la Física Experimental

## Guía de la experiencia

### Introducción a la interferometría de las ondas luminosas:

**I-Determinación de la longitud de onda de una luz,**

**II-Análisis cualitativo de fenómenos de polarización,**

**III-Determinación del índice de refracción de un gas y**

**IV-Determinación del índice de refracción de un sólido  
utilizando un interferómetro de Michelson.**

*Departamento de Física Aplicada.*  
Universidad de Cantabria

Junio 1, 2005

*Tenga en cuenta que la lectura previa de esta guía y la comprobación de las ecuaciones le llevará del orden de tres horas, incluyendo la consulta de las palabras clave, y que la lectura de la bibliografía específica en inglés le llevará entre una y dos horas.*

#### **Resumen**

Se describe el funcionamiento del interferómetro de Michelson. Se utiliza este dispositivo para determinar la longitud de onda de una luz láser He-Ne. Se observan experimentalmente algunos fenómenos asociados con la polarización de la luz. Finalmente, se determina el índice de refracción del aire a diferentes presiones en torno al valor de la presión atmosférica y de un vidrio.

### **Introducción teórica (I): Interferencias de las ondas de luz.**

Las ecuaciones de Maxwell describen matemáticamente las ondas electromagnéticas. Estas ondas resultan ser *campos ondulatorios*<sup>1</sup> eléctricos **E** y magnéticos **B** mutuamente perpendiculares que se propagan en el espacio con la misma velocidad, *longitud de onda, frecuencia y fase* (Fig. 1).

El espectro electromagnético corresponde al rango de longitudes de onda  $\lambda$  ( $k=2\pi/\lambda$ ) y frecuencia  $\nu$  ( $\nu=\omega/2\pi$ ) que nos resultan de mayor interés. El rango de frecuencias que pueden detectarse con el ojo humano se denomina espectro visible. Una onda electromagnética *armónica* caracterizada por una determinada frecuencia contenida en el espectro visible constituye una luz monocromática. Un haz de luz designa una onda (o conjunto de ondas) de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que viajan en una dirección del espacio. Cuando dos o más haces de luz se encuentran en un punto del espacio, estos campos se suman de acuerdo con el *principio de superposición*<sup>2</sup>. Así, en ese punto, se producen interferencias.

---

<sup>1</sup> Consulte y escriba la definición de todos los conceptos que aparecen en letra cursiva en este texto.

<sup>2</sup> Defina este principio después de consultar las pgs. 549 y 550 del libro: Eisberg-Lerner, "Physics", ed. MCGrawHill (1981).

Si cada haz de luz se origina a partir de una *fente* separada, generalmente, no hay una relación constante entre las *oscilaciones electromagnéticas* de los haces. En cualquier instante de tiempo, habrá puntos del espacio donde los campos se suman para producir un *máximo de intensidad* de luz. Sin embargo, las oscilaciones de la luz visible son más rápidas de lo que el ojo humano puede apreciar. Puesto que no hay relación entre las oscilaciones, un punto en el cual hay un máximo en un instante dado puede tener un mínimo en el siguiente instante. El ojo humano promedia estos resultados y percibe una intensidad uniforme de luz.

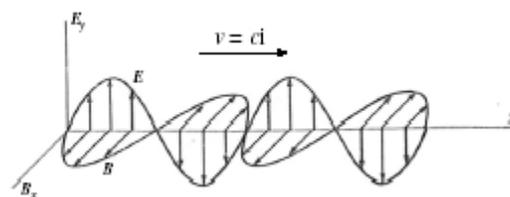


Figura 1: Representación esquemática de una onda electromagnética en un instante  $t$ . La onda se propaga hacia la derecha con velocidad  $c$ .  $E_y = E_0 \sin(kx - 2\pi vt)$ ,  $B_z = B_0 \sin(kx - 2\pi vt)$ , en donde  $k$  es el número de ondas y  $v$  la frecuencia. (Tomada de la Ref. [2]).

Si dos haces de luz se originan a partir de la misma fuente, generalmente, hay algún grado de *correlación* entre la frecuencia y la fase de ambas oscilaciones. En un punto del espacio, las luces de los dos haces pueden estar continuamente en fase. En este caso, el campo resultante siempre tendrá un máximo en ese punto y se verá como un punto brillante estable. La interferencia que se produce es permanente (y, por tanto, el ojo humano puede observarla).

*Thomas Young*<sup>3</sup> fue uno de los primeros que diseñó un método para producir tal *patrón de interferencia*. Hizo incidir un haz de luz estrecho sobre dos rendijas estrechas y próximas y colocó enfrente de ellas una pantalla. Cuando la luz procedente de las dos rendijas incide en la pantalla, se observa un patrón regular de bandas de luz y oscuridad (esto supone una evidencia de la naturaleza ondulatoria de la luz). Las rendijas de Young pueden ser utilizadas como un *interferómetro* sencillo. Si el espaciado entre las rendijas es conocido, el espaciado de máximos y mínimos puede ser utilizado para determinar la *longitud de onda* de la luz y viceversa.

### *Interferómetro de Michelson*

En 1881, 78 años después de que Young introdujese su experimento de doble rendija, A. Michelson diseñó y construyó un interferómetro utilizando un principio similar. Aunque, originalmente, Michelson diseñó su interferómetro<sup>4</sup> como un medio para probar la existencia del éter<sup>5</sup>, con posterioridad, fue ampliamente utilizado como instrumento para medir la longitud de onda de una luz, para medir distancias extremadamente pequeñas y para investigar propiedades de medios ópticos.

La Fig. 2 muestra un diagrama de un interferómetro de Michelson. El haz de *luz láser*<sup>6</sup> atraviesa el separador de haz, el cual refleja el 50% de *la luz incidente* y transmite el otro

<sup>3</sup> Encontrará una breve reseña biográfica de este científico en la pg. 965 del libro: Gettys-Keller-Skove, “Física clásica y moderna”, ed. MCGrawHill (1991).

<sup>4</sup> Consulte una breve descripción de este dispositivo en la pg. 964 del libro: Gettys-Keller-Skove, “Física clásica y moderna”, ed. MCGrawHill (1991).

<sup>5</sup> El éter era un hipotético medio, de propiedades muy peculiares, en el que la luz se propagaba. Debido, en parte, a los esfuerzos de Michelson, se desechó tal idea.

<sup>6</sup> La palabra “láser” proviene de las siglas de su nombre en inglés “light amplification by stimulated emission of radiation” (amplificación de luz mediante la emisión estimulada de radiación). La luz láser tiene tres características que la diferencian de la luz ordinaria: es monocromática, es muy coherente y está bien colimada. Consulte una breve descripción de la luz láser en la pg. 1112 del libro: Gettys-Keller-Skove, “Física clásica y

50%. Así, el haz incidente se divide en dos haces. Un haz se transmite hacia el espejo móvil M1 y el otro se refleja hacia el espejo fijo M2. Ambos espejos reflejan la luz hacia atrás, hacia el separador del haz. La mitad de la luz procedente de M1 se refleja desde el separador hacia la pantalla y la mitad de la luz procedente de M2 se transmite a través del separador del haz hacia la pantalla. De esta forma, el haz original de luz se separa y parte de los haces resultantes se vuelven a reunir. Puesto que los haces proceden de la misma fuente, sus fases están altamente correlacionadas. Cuando se coloca una *lente* entre la fuente de luz y el separador, el haz se dispersa y en la pantalla se observa un patrón de interferencias de anillos brillantes (haces en fase) alternados con anillos oscuros (haces en oposición de fase).

Puesto que los dos haces de luz que interfieren proceden del mismo haz inicial, estaban inicialmente en fase. Su *fase relativa*, cuando se encuentran en cualquier punto de la pantalla, depende, por tanto, de la diferencia en la longitud de sus *caminos ópticos* cuando alcanzan ese punto:

$$\frac{\Delta\phi}{2\pi} = \frac{\Delta l}{\lambda} \quad (1)$$

La diferencia de fase y la diferencia de camino son directamente proporcionales.

Moviendo  $M_1$ , la longitud del camino de uno de los haces puede ser modificada. Puesto que el haz atraviesa el camino entre  $M_1$  y el separador dos veces, moviendo  $M_1$  hacia el separador  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda, el separador reducirá el camino óptico de ese haz en  $\frac{1}{2}$  de longitud de onda. El patrón de interferencia cambiará. Los radios de los máximos se reducirán de manera que ahora ocuparán la posición de los mínimos. Si  $M_1$  se mueve otro  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda hacia el separador, los radios de los máximos se volverán a reducir, de manera que máximos y mínimos intercambian sus posiciones, pero esta nueva disposición de los anillos será indistinguible del patrón original.

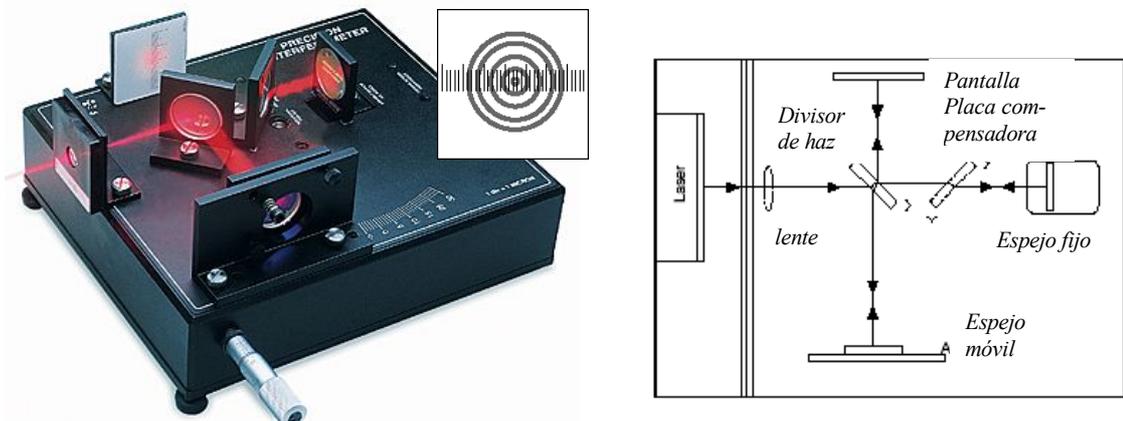


Figura 2: Esquema del dispositivo interferométrico de Michelson. (Tomada del manual Ref. 012-05187B de PASCO).

Moviendo lentamente el espejo  $M_1$  una distancia  $d_m$  (de manera que la diferencia de camino sea  $2d_m$ ) y contando  $m$ , el número de veces que el patrón de anillos recupera su forma original (para que la diferencia de fase sea un número entero de veces  $2\pi$ ), según la eq. (1), la longitud de onda de la luz,  $\lambda$ , puede ser calculada como  $\lambda = 2d_m/m$ , o bien, conocida  $\lambda$ , se puede calcular  $d_m$ .

---

moderna”, ed. MCGrawHill(1991). Ahí mismo, encontrará una descripción del láser helio-neón que utilizará en este experimento.

## Introducción teórica (II): Polarización de la luz.

Las *ondas transversales* tienen una propiedad que no poseen las *ondas longitudinales* y que se denomina *polarización*. Se puede conseguir una onda polarizada a partir de una que no lo está mediante un polarizador. La *amplitud de la onda* después de haber pasado una estructura polarizadora queda reducida ya que sólo pasa, a través del polarizador, la componente de la onda que es paralela a la dirección de polarización. Las ondas electromagnéticas son transversales. Se toma la dirección del campo eléctrico como dirección de polarización (ver Fig. 3). Si el vector campo eléctrico se orienta siempre a lo largo de una cierta dirección, se dice que la onda está linealmente polarizada. El efecto que producen las

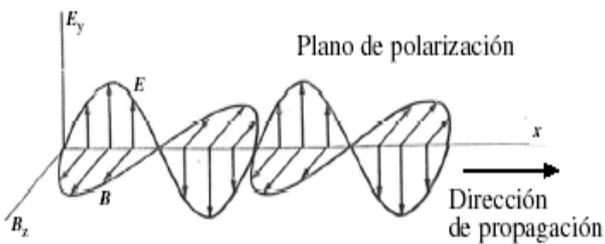


Figura 3: Onda de luz plano-polarizada. La onda se propaga hacia  $+x$  y el plano de polarización es el plano  $xy$ . (Tomada de la Ref. [2].)

gafas de sol, de reducir el brillo deslumbrante de la luz solar, se basa en el hecho de que la luz es una onda transversal susceptible de ser polarizada. La luz que se refleja en las superficies lisas tiende a estar polarizada. La radiación de un solo átomo está polarizada pero la emisión de muchos átomos, como se realiza al azar, produce un haz que no está polarizado.

## Introducción teórica (III): En un gas, la longitud de onda de una luz que lo atraviesa varía con el índice de refracción ( $n$ ) y éste, a su vez, depende de la presión. Esto permite diseñar una técnica para medir $n$ en un gas (aire).

En general, un interferómetro puede ser utilizado de dos formas. Introduciendo cambios específicos en el camino del haz, puede obtenerse información acerca de la fuente de luz que es utilizada. Es lo que ha aplicado en la primera parte de este experimento. Por otra parte, si las características de la fuente de luz son conocidas con precisión, se pueden producir cambios en el recorrido del haz y estudiar sus efectos en el patrón de interferencia. Esto último se aplica en el siguiente experimento.

En el interferómetro de Michelson, las características del patrón de interferencias dependen de la relación de fase entre los dos haces que interfieren. Hay dos formas de cambiar la relación de fase. Una forma es modificar la distancia que viaja uno de los haces, moviendo el espejo móvil, por ejemplo (tal como se hizo en la Parte I). Otra forma consiste en cambiar el medio a través del cual pasa uno de los haces. Cualquiera de los dos métodos modifica el patrón de interferencias. En el siguiente experimento, utilizará el segundo método para determinar el índice de refracción del aire.

Para la luz de una frecuencia específica, la longitud de onda varía de acuerdo con la fórmula  $\lambda = \lambda_0/n$ , donde  $\lambda_0$  es la longitud de onda de esa luz en el vacío y  $n$  es el índice de refracción del material en el cual se propaga la luz. Para razonables bajas presiones, el índice de refracción de un gas varía linealmente con la presión. Cuando la presión es cero, el índice de refracción es 1. Determinando experimentalmente la pendiente de la recta índice de refracción vs presión, puede determinarse el índice de refracción a diferentes presiones.

Cuando el haz de luz láser viaja hacia adelante y hacia atrás, entre el separador de haz y el espejo móvil, pasa dos veces a través de la celda de aire (ver Fig.4). Fuera de la celda, las longitudes de los caminos ópticos de los dos haces que interfieren no cambian a lo largo del

experimento. Dentro de la celda, sin embargo, la longitud de onda de la luz se hace mayor a medida que se reduce la presión.

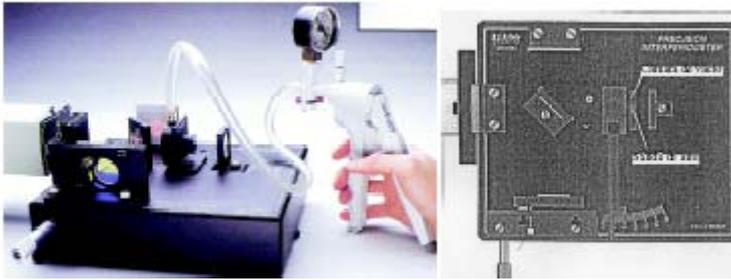


Figura 4: En uno de los brazos del interferómetro de Michelson se ha interpuesto una celda de aire de espesor  $d$ . (Tomada del manual Ref. 012-05187B de PASCO).

Supóngase que, inicialmente, el espesor de la celda  $d$  fuera equivalente a 10 veces  $\lambda$ . Al evacuar la celda,  $\lambda$  aumenta de manera que ahora la longitud  $d$  es 9.5 veces  $\lambda$ . Puesto que el haz de luz pasa dos veces a través de la celda, la luz viaja dentro de la celda realizando una oscilación menos. Esto tiene el mismo efecto en el patrón de

interferencias que mover el espejo móvil hacia el separador del haz  $0.5\lambda$ . En ambos casos, transcurre un anillo en el patrón.

Inicialmente, hay  $N_i = 2d/\lambda_i$  longitudes de onda dentro de la celda (contando ida y vuelta). A la presión final, hay  $N_f = 2d/\lambda_f$  longitudes de onda dentro de la celda. La diferencia entre los valores  $N_i - N_f$  es justamente  $N$ , el número de anillos que usted contará al evacuar la celda. Por tanto,  $N = 2d/\lambda_i - 2d/\lambda_f$ .

Sin embargo,  $\lambda_i = \lambda_0/n_i$  y  $\lambda_f = \lambda_0/n_f$ , donde  $n_i$  y  $n_f$  representan, respectivamente, los valores inicial y final del índice de refracción del aire que está dentro de la celda. Entonces,  $N = 2d(n_i - n_f)/\lambda_0$ ; así,  $n_i - n_f = N\lambda_0/2d$ .

La pendiente de la recta  $n$  vs  $P$  es:

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N\lambda_0}{2d(P_i - P_f)}$$

donde  $P_i$  y  $P_f$  representan, respectivamente, los valores inicial y final de la presión,  $\lambda_0$ , la longitud de onda de la luz en el vacío y  $d$ , el espesor de la celda de aire ( $d = 3.0$  cm).

#### Introducción teórica (IV): Descripción de otra técnica, aplicable a sólidos transparentes (vidrio), para determinar el índice de refracción.

La técnica descrita anteriormente para determinar el índice de refracción de un gas, que conlleva modificar lentamente la densidad de la sustancia en estudio, obviamente, no es adecuada cuando se trata de un sólido. En su lugar, aplicaremos otra técnica basada en modificar el camino óptico recorrido por uno de los haces de luz, variando el espesor de sustancia atravesado.

Si una placa plano-paralela de índice de refracción  $n$  se inserta en posición normal al camino de uno de los haces que atraviesan los brazos de un interferómetro de Michelson (ver Fig. 5), se pro-

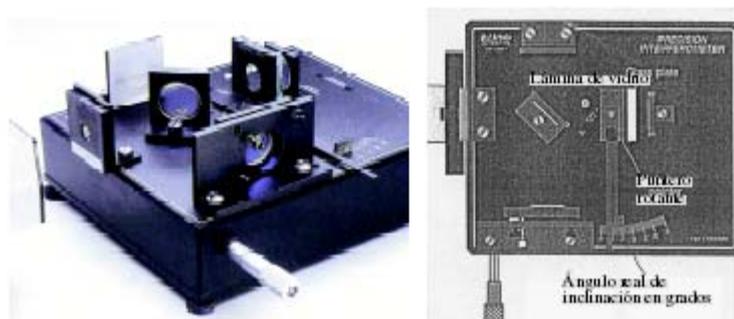


Figura 5: En uno de los brazos del interferómetro de Michelson se ha interpuesto una placa de vidrio de espesor  $t$ . (Tomada del manual Ref. 012-05187B de PASCO).

duce un incremento del camino óptico que es función del espesor de material atravesado. Si se gira la placa un pequeño ángulo, el camino de la luz cambiará y el número de anillos  $N$  que se desplazan debido a este cambio se puede conocer. El cambio producido en el camino óptico depende del espesor de la placa de vidrio, del ángulo que se ha girado y del índice de refracción. Sea  $OP$  (ver Fig. 6) la dirección original de la luz, normal a la placa de espesor  $t$ . El camino óptico entre  $a$  y  $c$  es  $nt + bc$ . Cuando la placa se gira un ángulo  $\phi$ , el camino óptico es ahora  $ad \cdot n + de$ . Por tanto, el incremento de camino óptico es  $2(ad \cdot n + de - nt - bc)$ , ya que la luz atraviesa la placa dos veces. Para la luz monocromática de longitud de onda  $\lambda_0$ , ese incremento es  $N\lambda_0$ , donde  $N$  es el n° de anillos desplazados al girar la placa el ángulo  $\phi$ . Es decir,  $2(ad \cdot n + de - nt - bc) = N\lambda$ . A partir de esta expresión se puede obtener  $n = f(t, N, \lambda_0, \cos \phi)$ <sup>7</sup>, es decir,

$$n_g = \frac{(2t - N\lambda_0)(1 - \cos\theta) + \left(\frac{N^2\lambda_0^2}{4t}\right)}{2t(1 - \cos\theta) - N\lambda_0}$$

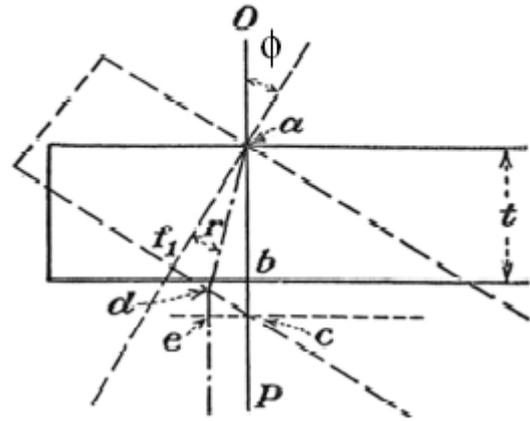


Figura 6: Consideraciones geométricas de rayos de luz atravesando un vidrio de espesor  $t$ . (Tomada de la referencia [3]).

<sup>7</sup> Obténgala consultando el libro de Georges S. Monk, “Principles and experiments”, Dover publ. (1963), pg. 376 y ss.

## Descripción del material

Para llevar a cabo este tipo de experiencias se utiliza el siguiente material:

Interferómetro de precisión (modo Michelson):

Plataforma base (5 kg) con tornillo micrométrico,	Lente de 18 mm de focal,
Espejo ajustable,	Difusor,
Espejo móvil,	Celda de vacío,
Separador de haz,	Dos polarizadores,
Placa compensadora,	Puntero giratorio,
Dos soportes magnéticos,	Bomba de vacío con manómetro,
Pantalla con escala,	Láser He-Ne (OS-9171) con soporte (OS-9172).

## Primera parte: Determinación de la longitud de onda de una luz láser.

### Modo operativo

Una vez alineado el láser y dispuesto el interferómetro en el modo Michelson (labor que realiza el profesor), de manera que se observe claramente el patrón de interferencias en la pantalla, ajuste el micrómetro en la posición aproximada de  $50 \mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$ ). En esta posición, la relación entre la lectura del tornillo y el movimiento del espejo es lineal.

Gire el micrómetro una vuelta completa en sentido antihorario. Continúe girando el tornillo hasta que el cero del tornillo esté alineado con la marca índice.

Ajuste la posición de la pantalla de manera que las marcas de la escala milimétrica estén alineadas con uno de los anillos del patrón de interferencia. Será más fácil contar los anillos si la marca de referencia está uno o dos anillos alejada del centro del patrón.

Anote la lectura inicial del micrómetro.

Gire el micrómetro lentamente en sentido antihorario. Cuente los anillos cuando pasen por la marca de referencia. Continúe hasta que un predeterminado número de anillos hayan pasado la marca (al menos cuente 20). Al terminar de contar, el patrón debe ser el mismo que al principio, cuando empezó a contar. Anote la lectura final del micrómetro.

Anote  $d_m$ , la distancia que el espejo se ha movido hacia el separador del haz, de acuerdo con las lecturas del tornillo micrométrico. Recuerde que cada división del tornillo corresponde a  $1 \mu\text{m}$ <sup>8</sup> del movimiento del espejo.

Anote el número  $N$  de anillos que han pasado.

- Repita este procedimiento tres veces.
- Calcule la longitud de onda de acuerdo con la teoría estudiada.
- Presente los datos tabulados y calcule los errores según las normas.
- Consulte en el espectro electromagnético qué color corresponde a la longitud de onda obtenida.
- Elabore el informe correspondiente a este experimento según las normas.

---

<sup>8</sup> Consulte con el profesor.

**Tenga presente las siguientes técnicas que ayudan a realizar las medidas en las mejores condiciones:**

1. No es necesario que el patrón de interferencias sea perfectamente simétrico. Tanto mejor se puedan distinguir los máximos de los mínimos, tanto más precisas serán las medidas.
2. Es fácil perder la cuenta del número de anillos. Se sugiere la siguiente técnica para facilitarla:
  - centre el patrón de interferencia en la pantalla, utilizando los tornillos que hay en la parte trasera del espejo fijo,
  - seleccione una línea de referencia en la escala milimétrica y superpóngala con el contorno entre un máximo y un mínimo,
  - mueva el tornillo micrométrico hasta que el contorno entre el siguiente máximo y mínimo alcance la misma posición que el primer contorno ( el patrón de interferencia debe tener el mismo aspecto que el inicial),
  - así contará el paso de 1 anillo.
3. Cuando gire el tornillo micrométrico para contar anillos, hágalo siempre (muy suavemente) una vuelta completa, antes de empezar a contar, y continúe girándolo en el mismo sentido mientras cuenta. Proceder de esta manera elimina, casi enteramente, los errores debidos a la holgura del cambio de sentido en el movimiento del tornillo. Girando el tornillo en sentido horario, el espejo se mueve hacia la derecha.

Un tornillo en la base del micrómetro permite ajustar la tensión del mismo para tener el control óptimo sobre el movimiento del espejo.

**Segunda parte: Análisis cualitativo de fenómenos de polarización.**

**Reflexiones previas a la realización del experimento**

1. Consulte en bibliografía diferentes formas de producir luz polarizada<sup>9</sup> y resúmalas por escrito.
2. ¿Qué es un analizador?
3. ¿Qué dice la ley de Malus?

**Modo operativo**

1. Coloque un polarizador entre el láser y el separador del haz. Proponga algunos ángulos de polarización. ¿Cómo afecta al brillo y claridad del patrón de interferencias?
2. Quite ese polarizador y colóquelo enfrente del espejo fijo o del móvil. Intente varios ángulos de polarización. ¿Cómo afecta al patrón?
3. Ahora coloque dos polarizadores, uno enfrente del espejo fijo y otro, enfrente del móvil. Primero gire un polarizador y, luego, el otro. Anote los efectos que observa.
4. Haga una interpretación física, por escrito, de lo que ha observado.

---

<sup>9</sup> Pg. 534 y ss. del libro: Kane-Sternheim, “Física”, ed. Reverté, (1989).

### **Preguntas adicionales relacionadas con la experiencia**

1. Basándose en las observaciones realizadas, explique qué papel juega la polarización en la producción de un patrón de interferencias.
2. Cierta luz sin polarizar de intensidad  $I_0$  atraviesa tres filtros Polaroid sucesivos. El eje del segundo forma con el del primero un ángulo de  $45^\circ$  y el del tercero forma con el del segundo otros  $45^\circ$ , de modo que es perpendicular al del primero. ¿Cuál es la intensidad final después del último filtro? Si se quita el segundo filtro, sin modificar los otros, ¿cuál es la intensidad final?

### **Tercera parte: Determinación del índice de refracción del aire.**

#### **Modo operativo**

Una vez alineado el láser y dispuesto el interferómetro en el modo Michelson (labor que realiza el profesor),

Coloque el puntero giratorio entre el espejo móvil y el separador del haz (en el alojamiento reservado “rotational pointer”).

Coloque la celda de vacío en su sitio (ver figura 5).

Ajuste el alineamiento del espejo fijo de manera que el centro del patrón de interferencia sea claramente visible sobre la pantalla. (El patrón puede estar deformado en cierta medida debido a irregularidades en las superficies de vidrio que limitan la celda de aire, pero eso no es un impedimento para tomar las medidas correctamente).

Para obtener medidas precisas, las caras que delimitan la celda de aire deben ser perpendiculares al haz de luz. ¿Cómo se asegura usted de ello?

Asegúrese también de que la presión en el interior de la celda es la presión atmosférica, lo cual ocurre cuando el indicador del manómetro marca cero (recuerde que la lectura del manómetro representa la diferencia entre la presión atmosférica y la presión en el interior de la celda).

Anote la lectura inicial del manómetro,  $P_i$ .

Evacúe lentamente el aire de la celda y cuente los anillos  $N$  que transcurren.

Anote  $N$  y la presión final  $P_f$  que marca el manómetro.

Repita el procedimiento varias veces.

Presente los datos tabulados y calcule los errores según las normas.

Calcule la pendiente de la curva  $n$  vs  $P$  y represéntela gráficamente.

Elabore el informe correspondiente a este experimento según las normas.

### **Preguntas adicionales relacionadas con la experiencia**

1. ¿Cuánto vale, según su experimento, el índice de refracción del aire a una atmósfera de presión?
2. ¿Ha supuesto un comportamiento lineal de  $n$  con  $P$ . ¿Cómo puede evaluar esta hipótesis?
3. El índice de refracción de un gas depende de la presión y también de la temperatura. Describa un posible experimento en el que pudiera estudiar la dependencia del índice de refracción del aire con la temperatura.

## Cuarta parte: Determinación del índice de refracción de un vidrio.

### Modo operativo

Una vez alineado el láser y dispuesto el interferómetro en el modo Michelson (labor que realiza el profesor),

Coloque el puntero giratorio entre el espejo móvil y el separador del haz (en el alojamiento reservado “rotational pointer”).

Determine el espesor de la placa de vidrio y colóquela en su sitio (ver figura 5).

Alinee el cero del nonius con el de la escala principal sobre la base del interferómetro.

Asegúrese de que la placa se ha colocado normal al haz. Para ello, retire la lente y coloque la pantalla de visualización entre la placa y el espejo móvil y ajuste el ángulo de manera que sólo vea un punto brillante en la pantalla. Haga entonces la lectura del cero.

Vuelva a colocar la lente y la pantalla en su sitio y compruebe que ve en esta última los anillos de difracción con claridad .

Gire lentamente la placa con ayuda del puntero. Cuento el nº de anillos que se han desplazado cuando ha girado un ángulo  $\theta$  ( al menos 10 grados). Repita esta medida varias veces y para varios ángulos.

Utilizando la expresión que ha obtenido en el apartado de teoría  $n = f(t, N, \lambda, \cos\phi)$ , calcule el índice de refracción. Utilice el valor de  $\lambda$  obtenido en la primera parte.

Presente los datos tabulados y calcule los errores según las normas.

Elabore el informe correspondiente a este experimento según las normas.

### Preguntas adicionales relacionadas con la experiencia

1. ¿Qué porcentaje de error se introduce en la medida de  $n$ , si el error del ángulo  $\phi$  es de 10 minutos, si el error del espesor de la placa  $t$  es 0.005 mm ó si el nº de anillos  $N$  lleva un error de 5?

### Referencias

- [1] Eisberg-Lerner, *Physics*. Ed. M<sup>C</sup>GrawHills (1981)
- [2] Gettys-Keller-Skove, *Física clásica y moderna*. Ed. M<sup>C</sup>GrawHills (1991)
- [3] Georges S. Monk, *Principles and experiments*. Dover publ. (1963)
- [4] Kane-Sternheim, *Física*. Ed. Reverté, (1989)
- [5] Yu Hao, Q Cheng, L Zhen-di, *A ripple tank demonstration of the conditions for the interference of waves*, Am, J. Phys. **56**, 745-746 (1989)
- [6] W. A. Hilton, *Index of refraction of air*, The Physics Teacher **6**, 176 (1968)
- [7] D. Cheetham and T W Eaton, *An interferometric method of measuring some physical properties of solids*, Phys. Education **8**, 350-355 (1973)
- [8] TPT(38)142n(2000) B S Perkalskis, J. R. Freeman, *Herschel's interference demonstration*, The Physics Teacher **38**, 142 (2000)