

PRACTICA 2

ANALISIS DE LA LUZ POLARIZADA.

Objetivo:

El objetivo primordial de esta práctica es identificar el estado de polarización de un haz de luz. Para ello calcularemos los parámetros de Stokes del haz, que están relacionados con la elipse de polarización, y que nos permiten determinar el vector de Jones si el haz está completamente polarizado.

El material disponible para la realización de esta práctica, es el siguiente:

- Fuente de sodio y polarizador lineal
- Lámina $\lambda/4$ ($\delta=\pi/2$)
- Lámina retardadora
- Polarizador lineal (analizador)
- Detector de intensidad
- Banco óptico con soportes
- Tres lentes divergentes
- Diafragma

Procedimiento experimental:

Lo primero que tenemos que hacer es alinear todos los componentes de la práctica, al igual que hicimos en la práctica de polarización.

Como tenemos una lámpara de luz natural, y sabemos que el campo eléctrico en este caso vibra aleatoriamente, entonces lo que se hace es colocar un polarizador lineal cualquiera delante del emisor del haz. Este polarizador se mantendrá fijo durante toda la realización de la práctica. Ahora ya tenemos un haz polarizado.

Posteriormente, medimos la intensidad inicial (la máxima), es decir, la intensidad que llega al detector, cuando tan sólo tiene el polarizador lineal (el antes mencionado) en su camino. Su valor es:

$$I_0 = 7.2$$

Para determinar los ejes de las láminas y del polarizador, se coloca cada uno por separado sobre el banco óptico, y se gira cada uno hasta obtener la máxima y mínima intensidad. Para dichas intensidades se anota el ángulo correspondiente para cada aparato respecto a su propio origen de referencia.

Para el caso del polarizador, tendremos:

$$\text{para } I_{\text{max}} = 4.9 \text{ ángulo} = 250^\circ$$

para $I_{\min} = 0.1$ ángulo = 160°

Tomaremos como referencia del eje x el ángulo correspondiente a la intensidad máxima (250°), y como el eje y el de mínima intensidad.

Los ejes de la lámina retardadora serán de 55° y

-35° .

Para el caso de la $\lambda/4$, el valor de los ángulos de los ejes son de 324° y 234° .

Todos estos ángulos han sido medidos en sentido negativo, es decir, a favor de las agujas del reloj, y tienen un error de precisión de $\pm 1^\circ$.

Cuando la vibración del campo eléctrico del haz polarizado, coincide con el eje de transmisión del polarizador, la intensidad que llega al detector es máxima. Esto no es así, ya que hay pequeñas pérdidas de absorción y reflexión. Lo que si se cumple es la siguiente relación:

$I_{\text{emergente}} = I_{\text{inicial}} \cdot K$

siendo K la transmitancia.

Calcularemos las pérdidas de absorción y reflexión en la $\lambda/4$ y en el polarizador, determinando la transmitancia K cuando los ejes son paralelos. Para ello calcularemos las intensidades máximas que llegan al detector.

Entonces para el polarizador:

$I_{\text{máx}} = 4.8 \pm 0.2 \rightarrow k = 0.65$

Para la lámina $\lambda/4$:

$I_{\text{máx}} = 5.2 \pm 0.2 \rightarrow k = 0.71$

Con estos resultados de la transmitancia, podemos decir que el polarizador sólo deja pasar el 65% de la intensidad de luz que le llega, mientras que la lámina $\lambda/4$, deja pasar el 71%.

Ahora generaremos un haz elíptico polarizado, para posteriormente calcular los ejes de la elipse.

Para ello vamos a girar la lámina retardadora un cierto ángulo que no sea de 45° , y que tampoco coincida con ningún eje del polarizador. Lo hacemos así, porque si giramos 45° , la polarización sería circular, mientras que si giramos la lámina de forma sus ejes coincidan con los del polarizador, obtendríamos polarizador lineal.

El ángulo que hemos girado ha sido de 35° respecto al eje x del polarizador, tomando el sentido positivo de los ángulos.

Para obtener los ejes de la elipse, giramos el polarizador de manera que obtengamos el valor de intensidad máxima y mínima, cuyos correspondientes ángulos coincidirán con los ejes de la elipse.

Los valores de la intensidad son:

$I_{\text{max}} = 3 \pm 0.2$ ángulo = $105 \pm 1^\circ$

$$I_{\min} = 1.4 \pm 0.2 \text{ ángulo} = 15 \pm 1^\circ$$

Estos ángulos están referidos al eje x, y siguen el criterio de signos descrito con anterioridad.

Cálculo de los parámetros de Stokes.

Un estado de polarización de la luz queda definido si conocemos las magnitudes características que nos permitan saber las amplitudes de las componentes del campo electromagnético según cualquiera par de direcciones ortogonales transversales a la dirección de propagación del campo y el desfase relativo existente entre esas dos componentes.

Los parámetros de Stokes, son cuatro magnitudes reales, que contienen información acerca de las magnitudes y desfases de las componentes de la luz. Se definen como:

Relacionándolos, podemos obtener:

$$M = 2I_x - I_C = 2I_{45} - I_S = 2I_{\parallel} - I_{\perp}$$

siendo I la intensidad del haz luminoso, M la diferencia entre las intensidades de las componentes x e y, C la diferencia entre las intensidades transmitidas por un polarizador lineal con eje a $+45^\circ$ y a -45° , y S es la diferencia entre la intensidad transmitida por una lámina $\lambda/4$ seguida de un polarizador lineal, cuando sus ejes están orientados a $+45^\circ$ y a -45° .

Los datos obtenidos son los siguientes:

$$I = 6.1 \pm 0.2 \quad I_x = 2.5 \pm 0.2$$

$$I_{45} = 1.5 \pm 0.2 \quad I_{\perp} = 0.7 \pm 0.2$$

Con lo que los parámetros de Stokes son:

$$I = 6.1 \pm 0.2$$

$$M = -1.3 \pm 0.4$$

$$S = -4.7 \pm 0.6$$

$$C = -3.3 \pm 0.6$$

Con los parámetros de Stokes, calcularemos los parámetros de la elipse de polarización. Sabemos que:

siendo ψ el azimut, β la elipticidad, α el tamaño (estos serían los tres parámetros de la elipse de polarización), y ϵ , el desfase entre las componentes del campo.

Los resultados obtenidos son:

Podemos calcular el vector de Jones, por medio de la siguiente expresión:

siendo E_{0x} y E_{0y} las raíces cuadradas de las intensidades $I_x = 2.5$ e $I_y = 3.6$.

El vector buscado es:

Por último, repetiremos la experiencia colocando la lámina retardadora con uno de sus ejes coincidente con la dirección de vibración del haz emergente, y calcularemos de nuevo los parámetros de Stokes. Ahora tendremos un haz de luz linealmente polarizado, por lo que sólo habrá intensidad en uno de los ejes, ya que solo hay una componente del campo eléctrico.

Los datos obtenidos son los siguientes:

$$I = 6.1 \quad I_y = 4.1 \quad I_l = 1.6$$

$$I_{45} = 1.8 \quad I_{-45} = 2.5$$

Todos estos datos tienen un error de ± 0.2

Por tanto, los parámetros de Stokes son:

$$I = 6.2 \pm 0.2 \quad M = -6.1 \pm 0.4$$

$$C = 2.5 \pm 0.6 \quad S = -3 \pm 0.6$$

C y S deberían ser cero, pero como se puede ver, esto no es así. Puede ser debido a errores en la toma de datos, ya que esta parte de la práctica, ha sido la última que hemos hecho, por lo que después de cuatro horas en el laboratorio, tanto la vista como los demás sentidos, estaban bastante cansados.

PRACTICA 2

ANALISIS DE LA LUZ POLARIZADA.

Procedimiento experimental: El objetivo primordial de esta práctica es identificar el estado de polarización de un haz de luz. Para ello calcularemos los parámetros de Stokes del haz, que están relacionados con la elipse de polarización, y que nos permiten determinar el vector de Jones si el haz está completamente polarizado.

El montaje de la práctica es el siguiente:

a) Determinación de los ejes del polarizador y de las láminas:

Tenemos una lámpara de luz natural, y sabemos que el campo eléctrico en este caso vibra aleatoriamente, entonces lo que se hace es colocar un polarizador lineal cualquiera delante del emisor del haz. Ahora ya tenemos un haz polarizado.

Para determinar los ejes de las láminas y del polarizador, se coloca cada uno por separado sobre el banco óptico, y se gira cada uno hasta obtener la máxima y mínima intensidad. Para dichas intensidades se anota el ángulo correspondiente para cada aparato respecto a su propio origen de referencia.

Para el caso del polarizador, hemos medido en el laboratorio los siguientes ángulos:

$$\text{para } I_{\max} = 4.9 \quad \text{ángulo} = 250^\circ$$

para $I_{\min} = 0.1$ ángulo = 160°

Tomaremos como referencia del eje x el ángulo correspondiente a la intensidad máxima (250°), y como el eje y el de mínima intensidad.

Los ejes de la lámina retardadora serán de 55° y -35° respecto a su propio origen de referencia.

Para el caso de $\lambda/4$, el valor de los ángulos de los ejes son de 324° y 234° .

Todos estos ángulos tienen un error de precisión de 1° .

b) Cálculos de las pérdidas por absorción y ref (hacer en casa)

c) Generar un haz elíptico polarizado, de forma que sus ejes formen un cierto ángulo con la dirección de polarización del haz.

Se coloca en primer lugar el polarizador lineal dejando que pase toda la intensidad de luz. Después del polarizador se coloca la lámina retardadora de tal manera que sus ejes no coincidan con los del polarizador, y tampoco que estén a 45° unos respecto a otros, ya que, si ocurriera que el desfase que introduce dicha lámina retardadora fuera de $\pi/2$, entonces si el ángulo entre los ejes de referencia es de 45° , obtendríamos luz polarizada circularmente. Por lo tanto, hemos tomado que los ejes de la lámina retardadora están girados 35° respecto al eje x del polarizador tomando el sentido positivo de los ángulos.

d) Localización de los ejes de la elipse:

Para obtener estos ejes, dejamos fija la lámina retardadora y giramos el polarizador de manera que obtengamos el valor de intensidad máxima y mínima, cuyos correspondientes ángulos coincidirán con los ejes del polarizador.

Los valores de la intensidad son:

$I_{\max} = 3$ ángulo = 215°

$I_{\min} = 1.4$ ángulo = 125°

Estos ángulos están referidos al eje x, y siguen el criterio de signos descrito con anterioridad.

e) Cálculo de los parámetros de Stokes:

ANÁLISIS DE LA LUZ POLARIZADA

OBJETIVO:

Nuestro objetivo en esta práctica es identificar el estado de polarización de un haz de luz. Para ello calcularemos los parámetros de Stokes del haz, que están relacionados con la elipse de polarización y que nos permiten determinar el vector de Jones si el haz está completamente polarizado.

INTRODUCCION TEÓRICA:

Consideramos un haz de luz cuasi-monocromático (o suficientemente monocromático para que pueda

asociarsele un estado de polarización puro).

Los posibles estados que nos podemos encontrar son: polarización lineal circular, elíptica, luz natural, y estados de mezcla como luz natural mas polarización lineal, circular o elíptica.

Es posible analizar el estado del haz de luz con un polarizador lineal y una lámina retardadora /4.

Vamos a considerar tres pasos:

- Giramos el polarizador un rango de 180° . Entonces, si la luz se extingue para una determinada orientación del polarizador se trata de polarización lineal; si la intensidad se mantiene invariante entonces se trata de polarización circular, luz natural o una mezcla de estas dos; y por último, si la intensidad varía entre un valor máximo y un mínimo entonces se trata de polarización elíptica, luz natural mas luz con polarización lineal o luz natural mas luz con polarización elíptica.
- Para diferenciar si se trata de polarización circular, luz natural o una mezcla de éstas dos, se coloca la lámina antes del polarizador y lo giramos. Entonces, si existe una posición de extinción se trata de polarización circular; si la intensidad no varía se trata de luz natural; y si la intensidad varía sin extinguirse se trata de una mezcla de luz natural mas polarización circular.
- Para diferenciar se se trata de polarización elíptica, luz natural mas polarizacion lineal o luz matural mas polarización elíptica se coloca la lámina con sus ejes coincidentes con las posiciones de máximo y mínimo detectadas en el primer paso al girar el polarizador. Entonces, si existe una posición de extinción se trata de polarización elíptica; si la intensidad varía manteniendose las posiciones del polarizador para las cuales está es máxima y mínima (respecto al primer paso) se trata de luz natural mas polarización elíptica; y por último, si las posiciones del máximo y mínimo de intensidad se encuentran en otras orientaciones del polarizador se trata de luz natural mas polarización elíptica.

MATERIAL:

- Fuente de Na y polarizador lineal.
- Lámina /4 para Na.
- Lámina retardadora.
- Polarizador lineal (analizador)
- Detector de intensidad.
- Banco optico con soportes.
- Tres lentes convergentes.
- Diafragma.

DESARROLLO:

En primer lugar, lo que debemos hacer es verificar la correcta disposición del montaje. Uno de los puntos que debemos tener muy en cuenta es que el haz emitido por la lámpara de sodio debe estar bien dirigido, es decir, que atraviese todas las láminas y polarizadores que se coloquen en el banco óptico.

Hay que decir que esta práctica se puede realizar también con un haz de rayos laser, y en este caso al salir la luz ya polarizada entonces podemos ahorrarnos un polarizador.

Por lo tanto, en nuestro caso tendremos un haz emitido por una lámpara de sodio, y le colocaremos delante un polarizador lineal que dejaremos fijo durante toda la práctica.

Antes de nada lo primero que hemos hecho ha sido medir la intensidad captada de la lámpara sin tener nada en su camino (tan sólo el primer polarizador lineal que es fijo), es decir, la intensidad máxima. El valor obtenido ha sido de:

$I_{\text{inicial}} = 7.2$ miliwatios.

A) Determinar los ejes del polarizador y de las láminas.

Se trata de obtener una referencia entre los ejes del polarizador lineal y de las dos láminas retardadoras.

Para hallar los ejes del polarizador lineal, lo colocamos en el banco óptico y lo giramos hasta observar un máximo y un mínimo de intensidad. Para los ángulos correspondientes a dichos valores tendremos nuestra referencia. Esto es debido a que como ya tenemos el haz polarizado linealmente entonces al hacer coincidir la dirección de vibración de campo eléctrico con el eje transmisor del polarizador lineal pasará toda la intensidad inicial excepto una cierta pérdida que ya se calculará en el apartado siguiente.

Para el caso del polarizador, hemos medido los siguientes ángulos e intensidades:

$I_{\text{máx}} = 4.9$ ángulo = 250°

$I_{\text{mín}} = 0.1$ ángulo = 160°

Estos ángulos tienen el sentido de giro de las agujas del reloj.

Para la lámina retardadora los ángulos serán de 55° y de -35° respecto a su propio origen de referencia y en este caso siguiendo también el sentido de las agujas del reloj como sentido positivo.

Para el caso de la lámina $\lambda/4$ tenemos que los valores obtenidos de los ángulos de los ejes son 324° y 234° también respecto a su propio origen de referencia y también siguiendo el sentido positivo el de las agujas del reloj.

Para todos estos ángulos que se han medido en el laboratorio el error de precisión se considerará de 1° .

B) Cálculo de las pérdidas por absorción y reflexión.

Debemos calcular las pérdidas por absorción y reflexión en la lámina $\lambda/4$ y en el polarizador. Para ello se determinará el valor de la transmitancia K cuando los ejes son paralelos.

Sabemos que tenemos un haz polarizado linealmente, y en principio parece ilógico que al colocar un polarizador lineal de manera que su eje de transmisión coincida con la dirección de vibración del campo eléctrico no pase toda la intensidad de inicial. Pero esto ocurre debido a que existen unas pequeñas pérdidas por absorción y reflexión, también puede ser debido a que el orificio del polarizador lineal sea más estrecho que el haz incidente, entonces no se deja pasar toda la intensidad debido a la reflexión.

Habíamos calculado la intensidad máxima para el haz inicial:

$$I_{\text{inicial}} = 7.2 \text{ mw}$$

Para el polarizador:

$$I_{\text{máx}} = 4.8 \pm 0.2 \text{ mw} \quad K = 0.666 \text{ (66\%)}$$

Para la lámina $\lambda/4$:

$$I_{\text{máx}} = 5.2 \pm 0.2 \text{ mw} \quad K = 0.722 \text{ (72\%)}$$

Es decir, para el caso del polarizador lineal solo pasa el 66% de la intensidad inicial y para el caso de la lámina el 72%.

C) Generación de un haz elíptico utilizandola lámina retardadora.

En primer lugar hay que decir que como no conocemos el desfase que introduce la lámina retardadora debemos atender a lo que se explica seguidamente.

Sabemos que, en general, cuando tenemos un haz polarizado linealmente y le introducimos delante una lámina retardadora se producirá una polarización elíptica siempre que no ocurra que: el eje de transmisión del polarizador coincida con algún eje de la lámina, ya que en este caso se produce polarización lineal; o que estuviéramos es el caso de que el desfase que introduce la lámina fuera de $\pi/2$, ya que en este caso podríamos obtener polarización circular (que en realidad es un caso particular de la polarización elíptica) si existiera un ángulo de 45° entre los ejes de la lámina y el eje transmisor del polarizador.

Debido a lo anterior, para obtener polarización elíptica vamos a girar la lámina retardadora un cierto ángulo que no se aproxime ni a 45° ni a algún eje de la lámina.

El ángulo que se ha tomado en el laboratorio en la lámina es de 20° ; por lo tanto se ha girado la lámina 35° en sentido contrario al que giran las agujas de un reloj respecto a la posición inicial de referencia que se ha tomado en el primer apartado para esta lámina.

D) Localización de los ejes de la elipse.

Para poder obtener los ejes de la elipse que se ha generado en el apartado anterior lo que se hará es girar el polarizador lineal que se encuentra delante de la lámina retardadora hasta que observemos la mayor intensidad y la menor intensidad, cuyos ángulos corresponderán al eje mayor y menor de la elipse respectivamente.

Los datos obtenidos en el laboratorio han sido los siguientes, y son ángulos medidos en el polarizador lineal por supuesto:

$$I_{\text{mín}} = 1.4 \pm 0.2 \quad \text{ángulo} = 15^\circ \pm 1^\circ$$

$$I_{\text{máx}} = 3 \pm 0.2 \quad \text{ángulo} = 105^\circ \pm 1^\circ$$

E) Calculo de los parámetros de Stokes para el haz generado.

Para calcular los parámetros de Stokes disponemos de una lámina $\lambda/4$ y del polarizador lineal.

Los parámetros de Stokes son: I, M, C, S ; donde I es la intensidad del haz luminoso, M es la diferencia entre las intensidades de las componentes x e y , C es la diferencia entre las intensidades transmitidas por un polarizador lineal con el eje a $+45^\circ$ o -45° , y S es la diferencia entre la intensidad transmitida por una lámina $\lambda/4$ seguida de un polarizador lineal cuando sus ejes están orientados a $+45^\circ$ y a -45° .

Tenemos pues que:

$$M = 2 \cdot I_x - I_C = 2 \cdot I_{45} - I_S = 2I_L - I$$

Por lo tanto deberemos calcular I_x, I_{45} y I_L .

El valor de la intensidad I obtenida es $I = 6.0 \pm 0.2 \text{ mw}$.

El sistema de referencia que tomaremos ahora será el siguiente: tomaremos como el eje Y el que se corresponde con la dirección de vibración del campo E del haz inicial, es decir, el eje Y se corresponderá con el eje de transmisión del polarizador lineal.

Con este criterio anterior colocamos el polarizador lineal delante de la lámina retardadora y lo giramos hasta los 160° que es el caso que se correspondería al eje X .

El valor obtenido es de $I_x = 2.4 \pm 0.2 \text{ mw}$.

Después colocamos el polarizador lineal a 45° y el valor de la intensidad obtenido es de:

$$I_{45} = 1.4 \pm 0.2 \text{ mw}$$

La intensidad medida cuando la lámina $\lambda/4$ y el polarizador lineal están con sus ejes a un ángulo de 45° es:

$$I_L = 0.6 \pm 0.2 \text{ mw}$$

Con estos tres valores es trivial calcular los parámetros de Stokes con sus correspondientes errores:

$$I = 6.0 \pm 0.2 \text{ mw}$$

$$M = -1.2 \pm 0.6 \text{ mw}$$

$$C = -3.2 \pm 0.6 \text{ mw}$$

$$S = -4.8 \pm 0.6 \text{ mw}$$

En este apartado hay que decir que sólo se ha tomado una medida para cada intensidad por lo que no hemos realizado ninguna media.

F) Determinación de los parámetros de la elipse de polarización.

Para este apartado lo que calcularemos serán tres parámetros ayudándonos de los parámetros Stokes calculados en el apartado anterior.

Estos parámetros son :

: Azimut

_____ : Elipticidad

_____ : Tamaño

Para calcular estos parámetros haremos uso de las siguientes relaciones:

$$1) \tan(2\psi) = C/M \quad 3) \tan(2\psi) \cdot \cos(2\chi) = C/M$$

$$2) S/C = \tan(2\chi) \quad 4) \sin(2\psi) = \sin(2\chi) \cdot \sin(2\theta)$$

Siendo θ el desfase entre las componentes del campo.

Con la primera relación ya podemos calcular directamente el valor del azimut ya que conocemos los valores C y M calculados en el apartado anterior; el resultado es:

$$\text{Azimut} = 34.7^\circ$$

Seguidamente para poder calcular el 'tamaño' necesitamos calcular primero el valor del desfase que se puede calcular con la segunda relación; después utilizando la relación tercera podemos obtener el valor del tamaño.

$$\text{Desfase} = 56.3^\circ$$

$$\text{Tamaño} = 39.1^\circ$$

Finalmente calcularemos la elipticidad con la cuarta relación obteniendo el siguiente valor:

$$\text{Elipticidad} = 27.26^\circ$$

Con estos parámetros nos podríamos dar una idea de como podría representarse la elipse que, en este caso, es una elipse que no está referida a sus propios ejes.

G) Cálculo del vector de Jones

En el apartado anterior hemos tenido que calcular el desfase θ y ahora sólo nos queda hallar los valores de E_x y E_y para calcular el vector de Jones de la forma:

Sabiendo que $I_x = 2.4$ y que $I_y = 3.6$, entonces obtenemos E_x y E_y hallando la raíz cuadrada de las intensidades.

El vector de Jones que buscamos es el siguiente en nuestro caso:

Hay que decir que se observa que el vector de Jones es unitario puesto que está dividido por su módulo.

H) Parámetros de Stokes cuando uno de los ejes de la lámina retardadora coincide con la dirección de vibración de haz incidente.

Esta experiencia tiene como resultado que el haz que atraviesa la lámina seguirá polarizado linealmente.

Esto es debido a que sólo habrá intensidad en uno de los ejes del sistema de referencia, por lo tanto sólo habrá una de las componentes del campo eléctrico.

Los datos obtenidos en el laboratorio para esta parte de la práctica son los siguientes:

$$I=6.2\pm0.2 \quad I_x=0\pm0.2 \quad I_y=4.2\pm0.2$$

$$I_{45}=1.8\pm0.2 \quad I_{-45}=2.4\pm0.2 \quad I_L=1.6\pm0.2$$

Aplicando las mismas fórmulas que en el apartado E) podemos calcular para este nuevo haz los parámetros de Stokes:

$$Y=6.2\pm0.2$$

$$M=-6.2\pm0.6$$

$$C=2.4\pm0.6$$

$$S=-3\pm0.6$$

CONCLUSIONES:

Diremos en primer lugar que en este último apartado H) se observa que el vector de Stokes no responde al estado de polarización que se podría esperar no se obtiene ya que los valores de S y de C son distintos de cero, esto puede ser debido quizás a errores en las tomas de datos así como debido a fluctuaciones externas de luz que también detecta en aparato medidor de intensidades.

Hay que señalar también que aunque las intensidades se han puesto en unidades de miliwatios, esto quizás no sea así ya que en el aparato de medida no nos quedó muy claro en que unidades se estaba midiendo dicha intensidad.

Hay que decir también que los posibles fallos en la toma de datos puede ser debido a errores visuales, así como a la iluminación externa que se tenía en el laboratorio. Esto último parece ser que la causa de los errores de mayor proporción que se puedan producir en estas prácticas.

PRACTICA 5

INTERFEROMETRO DE MICHELSON.

Procedimiento experimental:

Esta práctica consiste en determinar la longitud de onda de una fuente casi-monocromática a partir de un proceso interferencial, así como determinar la separación espectral entre las dos líneas amarillas de una lámpara de sodio.

Para ello utilizaremos el interferómetro de Michelson. En este interferómetro(ver figura) la luz procedente de una fuente luminosa es dividida en dos haces por una lámina semiplataada. Estos haces se reflejan en unos espejos perpendiculares y vuelven de cara a la lámina, pudiéndose observar con el ojo.

Uno de los haces, atraviesa la lámina semiplataada tres veces, mientras que el otro sólo una vez. Para compensar esta diferencia de camino, se coloca en el recorrido de este

último haz, una lámina transparente.

Para empezar la práctica, hay que superponer las imágenes que tenemos en los espejos, para centrar el patrón de interferencia. Encendemos la lámpara de sodio, y cuando las imágenes están perfectamente superpuestas, podremos observar un sistema de anillos brillantes y oscuros, que corresponden a los máximos y mínimos de interferencia.

Uno de los dos espejos tiene un tornillo milimétrico para acercarlo o alejarlo (siempre perpendicularmente al otro espejo) del divisor del frente.

Si movemos este tornillo, vemos como los anillos también se mueven. Moviéndolo en un sentido, vemos que el centro es una fuente de anillos (es como si los anillos salieran del centro). En cambio, si lo movemos en sentido contrario, parece un sumidero.

a) Cálculo de la longitud de onda de la línea más brillante de una lámpara de sodio:

Mediremos la longitud de onda de la línea más brillante de la lámpara de sodio, a partir de la observación de los máximos y mínimos en el centro del patrón de interferencia.

Moviendo el tornillo milimétrico, medimos la distancia recorrida por el espejo móvil, cuando la sucesión máximo-mínimo es de 100 veces. Para tener mayor precisión, repetiremos este cálculo seis veces.

Hay que tener en cuenta que el desplazamiento del espejo, corresponde a la quinta parte del valor que marca el tornillo.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Nº máximos % pos.inicial % pos. final % d

100 % 800 % 770 % 30

100 % 800 % 769 % 31

100 % 800 % 771 % 29

100 % 800 % 771 % 29

100 % 800 % 768 % 32

100 % 800 % 771 % 29

100 % 800 % 769 % 31

100 % 800 % 770 % 30

Todos estos datos están medidos en micras. Tanto la posición inicial como la final tienen un error de ± 1 micra, mientras que la diferencia entre esas dos posiciones tiene un error de ± 2 micras.

Sabiendo que el número de máximos y mínimos que se observan entre una posición del espejo móvil m_1 y

otra separada una distancia d de la primera m_2 es:

$$m_2 - m_1 = 2 \cdot d / \lambda$$

no es difícil calcular la longitud de onda de la línea de sodio.

siendo su error:

Haciendo una media de todas las longitudes de onda calculadas para las distancias anteriores, llegamos a:

b) Cálculo de la separación espectral entre dos líneas amarillas de la lámpara de sodio:

Si utilizamos en el interferómetro de Michelson una fuente de luz con dos líneas espectrales próximas, tales como las componentes amarillas de una lámpara de sodio, se observa un patrón de interferencia que es la superposición de los patrones correspondientes a cada longitud de onda.

Existen posiciones del espejo móvil en las que estos patrones son complementarios, es decir, los máximos de un patrón coinciden con los mínimos del otro y viceversa. A este fenómeno se le conoce con el nombre de *campo uniforme*.

En este caso no se observarán anillos, pues todo el patrón de interferencia estará compuesto por máximos de intensidad.

Si tenemos dos posiciones en las que existe campo uniforme separadas en el tornillo móvil una distancia d , la separación entre dos longitudes de onda próximas es:

siendo su error:

donde $\bar{\lambda}$ es un promedio de longitudes de onda de las líneas. Tomamos $\bar{\lambda} = 5893 \text{ Å}$

Hemos buscado una posición en la que existe campo uniforme, y la anotamos. Al llegar a la siguiente posición en la que vuelva a producirse dicho fenómeno ya tenemos un valor de d que es la diferencia entre ambas posiciones.

Con este valor de d podemos calcular λ . Repetimos el proceso 5 veces, encontrando las posiciones en que se produce campo uniforme.

1ª posición	2ª posición	d	λ (Å)
421	730	309	5.62 ± 0.04
420	717	297	5.85 ± 0.04
412	731	319	5.44 ± 0.03
416	724	308	5.64 ± 0.04
412	718	306	5.67 ± 0.04

Realizamos una media cuyo valor es:

Como antes, los datos de las posiciones están medidos en micras. Si comparamos con la predicción teórica, vemos que nuestros datos concuerdan bastante bien.

PRACTICA 3

REFRACTOMETRO.

Procedimiento experimental:

El objetivo de esta práctica es determinar el índice de refracción de un vidrio en función de la longitud de onda que incide sobre el.

Para ello contamos con un goniómetro, una lámpara de mercurio y un prisma con dos caras transparentes y una opaca.

El goniómetro es un aparato que sirve para medir ángulos por métodos óptico-geométricos. Está formado por tres partes fundamentalmente:

- 1) Un colimador consistente en una rendija de anchura variable y de un conjunto de lentes que permite que sobre el prisma incida un haz de ondas bastante plano y con la anchura idónea.
- 2) Un soporte para el prisma, el cual tiene una regulación de altura en tres puntos, que nos permite tener siempre el prisma plano y perpendicular a los rayos incidentes. Este soporte también se puede rotar para variar la dirección de los rayos incidentes.
- 3) Un microscopio móvil situado sobre una escala graduada, que nos permite calcular con mucha precisión, el ángulo de desviación de la luz en el prisma.

El goniómetro antes de ser usado debe ser ajustado, es decir, debe estar regulado de tal forma que esté enfocado al infinito. Se debe hacer así, porque la luz pasa por varias lentes entre la lámpara y nuestro ojo, y de no estar enfocado al infinito, las líneas se podrían ver borrosas con lo que se perdería precisión en las medidas.

El ángulo que se desvía un rayo de luz en un prisma, depende solo del ángulo de incidencia, y varía de la siguiente forma:

En esta gráfica, podemos observar que hay un ángulo para el cual la desviación es mínima.

Este ángulo al que denotaremos por:

es fácilmente distinguible, ya que cuando variamos la incidencia, las líneas se desvían en un sentido hasta llegar a un ángulo de incidencia dado, en el que la variación cambia al sentido opuesto. Al punto donde se produce este cambio lo denominaremos ángulo de mínima desviación. Este ángulo lo utilizaremos para calcular el índice de refracción. Dicho índice viene dado por la siguiente fórmula:

donde α es el ángulo que forman las dos caras transparentes del prisma y que no conocemos. Por tanto, lo primero que tenemos que hacer, es calcular este ángulo α .

Para ello colocamos el prisma de forma que el vértice que forma el ángulo a calcular, quede lo más alineado posible con la fuente de luz. La luz llegará a las dos caras del prisma y se reflejará en ambas. Con el microscopio, podemos medir de forma muy exacta, el ángulo que forman los dos rayos reflejados. A partir de este ángulo, y utilizando simples relaciones trigonométricas, se puede obtener el ángulo α .

dibujo 2

Relacionando nos queda:

donde:

Los valores de delta y delta prima, son los que medimos.

Hemos realizado cuatro veces la medida y los resultados son los siguientes:

n° datos	delta $\pm 2'$	delta' $\pm 2'$	phi $\pm 2'$	alpha $\pm 2'$
1	300 δ 11'	60 δ 11'	240 δ 4'	-60 δ 20'
2	252 δ 2'	12 δ 37'	239 δ 25'	-59 δ 25'
3	219 δ 41'	339 δ 11'	-119 δ 30'	-60 δ 30'
4	221 δ 42'	341 δ 15'	-119 δ 30'	-60 δ 27'

El valor medio de alpha es 60 δ 10' $\pm 2'$.

Si nos fijamos en los valores de la tabla, se observa que hay ángulos negativos. Esto es debido, a que hemos medido los ángulos en sentido contrario de lo que indica la teoría.

Ahora vamos a medir el ángulo de mínima desviación y el índice de refracción. Para ello colocamos el prisma de forma que obtenemos por difracción un espectro discreto, es decir, se trata de medir el ángulo mínimo de cada raya, y calcular el índice de refracción para cada una de las líneas.

Lo que tomamos como ángulo mínimo de cada línea, es la resta de los ángulos mínimos, medido a un lado y al otro del prisma, como se indica en la siguiente figura:

dibujo 3

Este ángulo se debe calcular para cada una de las líneas de espectro, siendo los datos recogidos los siguientes:

COLOR	(1)	- (1)	(2)	- (2)	(3)	- (3)
ROJO	287 δ 42'	-46'	311 δ 24'	-45'	329 δ 09'	16 δ 20'
AMARILLO	287 δ	-20'	311 δ 14'	-38'	328 δ 41'	15 δ 31'
"	286 δ 54'	-16'	311 δ 0'	-32'	328 δ 34'	15 δ 38'
VERDE	287 δ	-19'	311 δ 30'	-21'	238 δ 18'	16 δ 20'
VERDE-AZUL	286 δ 06'	0 δ 0'	311 δ 10'	10'	328 δ 03'	17 δ 10'
AZUL	285 δ 36'	25'	310 δ 50'	20'	327 δ 18'	17 δ 25'
AZUL DÉBIL	285 δ 48'	54'	310 δ 10'	30'	327 δ 18'	17 δ 15'
VIOLETA	285 δ 50'	45'	309 δ 50'	51'	327 δ 22'	18 δ 30'
VIO FUERTE	285 δ 41'	1 δ 20'	309 δ 45'	1 δ 25'	327 δ 36'	18 δ 10'

Los errores, al igual que en las anteriores medidas, son debidos a la precisión del goniómetro. Un error también muy importante es el cometido por nosotros, ya que la vista se cansa lo que hace aumentar la imprecisión. El error es $\pm 2'$.

Una vez tenemos estas medidas sólo tenemos que operar para obtener el índice de refracción para cada línea.

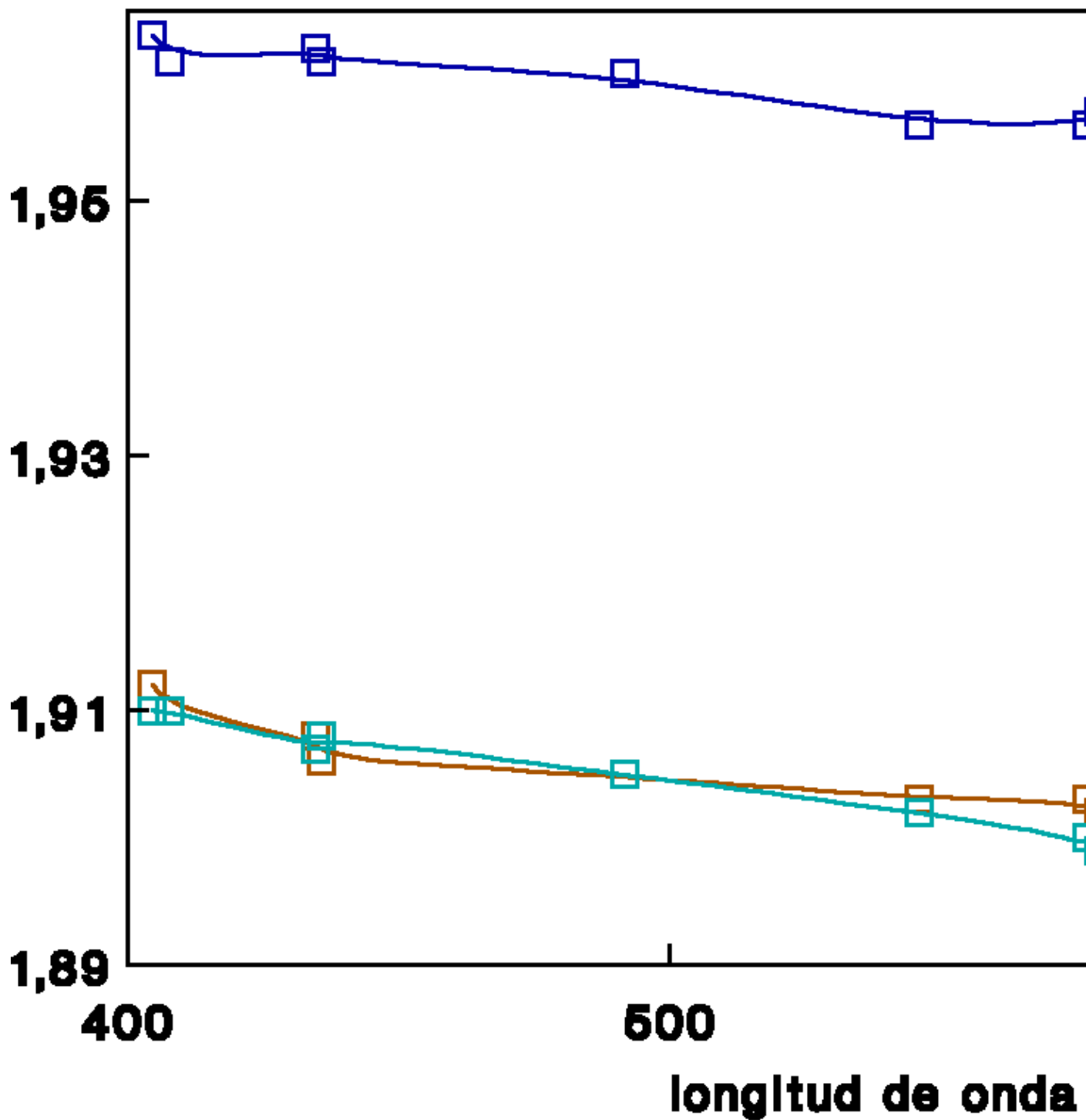
COLOR	n(1)	n(2)	n(3)
Rojo	1,955	1,902	1,899
Amarillo	1,957	1,902	1,899
Amarillo	1,956	1,903	1,900
Verde	1,956	1,903	1,902
Verde azulado	1,960	1,905	1,905
Azul	1,961	1,906	1,908
Azul débil	1,962	1,908	1,907
Violeta	1,961	1,910	1,910
Violeta	1,963	1,912	1,910

Los errores serán los mismos para todos los índices y vendrán dados por el error estándar de la función, que se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

Operando me sale un valor para $s(n)=\pm 0.2$

Ahora representaremos el índice de refracción frente a la longitud de onda:

Índice de refracción.



Variación del índice de refracción frente a la longitud de onda

A partir de esta gráfica, hemos llegado a la conclusión, de que el índice de refracción de un medio no es constante, sino que varía con la longitud de onda de la luz incidente. Además en este vidrio, podemos afirmar que el índice de refracción disminuye para longitudes de onda mayores, tomando un valor aproximado de 1.9.

Como se puede observar, hay una línea que está desplazada con respecto a las otras dos. Esto seguramente es debido, a algún error en la toma de datos.