

1.OBJETIVO.

Identificación de los conceptos básicos de la Óptica geométrica: lentes, imágenes, focos, aumentos,...

Determinación de las distancias focales de lentes delgadas convergentes y divergentes.

Cálculo del aumento visual producido por una lupa y un microscopio mediante la simulación de un "ojo".

2.INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

El objetivo de una lupa y un microscopio es aumentar el tamaño de un objeto cercano.

Definimos el aumento visual del instrumento como la relación entre el tamaño del objeto visto con el instrumento y su tamaño real.

3.MATERIAL.

- Fuente de luz.
- Objeto plano (diapositiva).
- 3 lentes convergentes.
- Lente divergente.
- Pantalla de observación.
- Banco óptico con diversos soportes.

4.MÉTODO EXPERIMENTAL.

Esta práctica consta de dos partes distintas, en la primera procederemos por distintos medios a la determinación de las distancias focales de cada lente, después realizaremos un estudio sobre el aumento de los instrumentos ópticos.

4.1.Distance focales.

Primero calcularemos las distancias focales de las lentes convergentes utilizando tres métodos distintos:

a) Método objeto-imagen.

La posición de un objeto plano y de su imagen formada por una lente delgada viene dada por la fórmula del constructor de lentes:

$$\frac{1}{S_i} - \frac{1}{S} = \frac{1}{f_i}$$

donde: S es la distancia del objeto al centro de la lente, S_i es la distancia de la imagen al centro de la lente y f_i es la distancia de cada una de las focales (focal imagen y focal objeto).

b) Método de autocollimación.

Si un objeto está situado en el plano focal objeto de una lente, los rayos procedentes de un punto del objeto emergen paralelos de la lente. Situando un espejo detrás de esta, perpendicular al eje óptico, el haz de luz se reflecta hacia la lente y forma una imagen nítida del objeto en la pantalla con aumento unidad.

c) Método de Bessel.

Colocando el objeto y la pantalla de observación separados por una gran distancia veremos que para dos posiciones de la lente se obtiene una imagen nítida del objeto en la pantalla. La distancia focal vendrá dada por la siguiente relación:

$$f = (a^2 - e^2) / 4a$$

donde a es la distancia entre el objeto y la pantalla y e es la separación entre las dos posiciones de la lente para las cuales vemos una imagen nítida del objeto.

Para calcular las distancias focales de una lente divergente debemos tener en cuenta que esta forma imágenes virtuales por lo que necesitaremos una lente convergente para calcular la focal de la lente divergente. Formamos la imagen del objeto en la pantalla con la lente convergente, a continuación interponemos la lente divergente entre la pantalla y la lente convergente, desplazamos la pantalla hasta que obtengamos nuevamente la imagen del objeto. Las focales vendrán dadas por:

$$1/S_f - 1/S = 1/f_i$$

que es la fórmula del constructor de lentes ya vista antes. Si S_f es la distancia final entre la pantalla y la lente divergente, mientras que S es la separación inicial entre la pantalla y la lente divergente.

4.2. Aumento de instrumentos ópticos.

Para obtener las medidas que nos permitan calcular el aumento visual de una lupa y de un microscopio debemos contruir un "ojo" con la ayuda de una lente convergente (10–20 cm. de focal) que hará la función de cristalino y la pantalla que será la retina. Nuestro "ojo" sólo será capaz de ver objetos situados a una distancia de entre 20 y 25 cm.

Para contruir el "ojo" enfocamos la imagen del objeto dada por la lente convergente en la pantalla.

La lupa será otra lente convergente que intercalaremos entre el objeto y el "ojo".

Una vez situada la lupa en su lugar movemos el objeto hasta volver a formar su imagen en la pantalla. La relación entre esta imagen y la anterior nos da su aumento visual, que compararemos con la predicción teórica según nuestra disposición.

Un microscopio proporciona aumentos mayores que los de una lupa. El nuestro constará de dos lentes convergentes: la primera, de corta distancia focal, hará de objetivo y la segunda de focal más larga, será el ocular.

Para construir el microscopio situamos el ocular a una distancia próxima al "ojo" y la otra lente entre el objeto y el ocular a una cierta distancia de éste. Volviendo a localizar la imagen sobre la pantalla y de forma análoga a la de la lupa calculamos su aumento visual.

5. DATOS.

Los datos que se presentan a continuación dan la posición de cada instrumento sobre el banco óptico, vienen

dados en cm y todos ellos tienen un error de $\pm 0,1$ cm.

Datos para el cálculo de las distancias focales de las lentes convergentes:

a) Método todo objeto–imagen.

b) Método todo de autocolimación.

c) Método de Bessel.

1ª Lente.

2ª Lente.

3ª Lente.

Datos para el cálculo de la distancia focal de la lente divergente (la lente convergente que utilizaremos será la nº 3):

Datos para el cálculo del aumento visual de la lupa (como no tenemos suficiente espacio en el banco óptico para trabajar con distintas distancias ojo–lupa vamos a calcular el aumento de la lupa para tres "ojos" distintos).

Como cristalino tomaremos la lente nº 3 y como lupa la nº 2.

Datos para el cálculo del aumento del microscopio (como cristalino del "ojo" hemos tomado la lente nº 3, como ocular la nº 2 y como objetivo la nº 1):

Pantalla: $21,3 \pm 0,1$ cm

Cristalino: $45,5 \pm 0,1$ cm

Ocular: $49,6 \pm 0,1$ cm

Objetivo: $66,0 \pm 0,1$ cm

Objetoinicial: $63,6 \pm 0,1$ cm

Objetofinal: $75,4 \pm 0,1$ cm

Tamaño inicial: $1,8 \pm 0,1$ cm

Tamaño final: $3,8$ cm

Sólo hemos podido realizar una serie de medidas por no disponer del espacio suficiente para alejar los instrumentos entre sí.

6. ANÁLISIS DE LOS DATOS.

A partir de las medidas realizadas procederemos al cálculo de las focales de cada lente y al estudio del aumento visual de la lupa y del microscopio.

Primero hallaremos las distancias focales de las lentes convergentes por los tres métodos antes mencionados.

Método objeto-imagen.

La distancia focal de una lente convergente viene dada por:

$$1/S_i - 1/S_o = 1/f_i$$

A partir de S_i y S_o obtendremos las distancias focales de cada lente. S_i y S_o , distancia entre la lente y la imagen y la lente y el objeto respectivamente, las obtenemos de los datos tomados en el laboratorio.

Método de autocolimación.

La distancia focal dada por este método es la distancia que hay entre la lente y el objeto.

Método de Bessel.

La distancia focal de una lente convergente calculada por el método de Bessel se obtiene de la siguiente fórmula:

$$f_i = (a - e)/4a$$

donde a y e , obtenidas de los datos antes mencionados, son la distancia del objeto a la pantalla y la distancia entre las dos posiciones de la lente.

De los tres valores que hemos obtenido para las distancias focales de cada lente podemos sacar un valor medio para cada una, este valor será con el que trabajaremos a partir de ahora.

Lente nº 1: $f_i = 5,5 \pm 0,1$ cm.

Lente nº 2: $f_i = 10,4 \pm 0,1$ cm.

Lente nº 3: $f_i = 10,2 \pm 0,1$ cm.

Para calcular la distancia focal de la lente divergente utilizaremos la fórmula del constructor de lentes:

$$1/S_i - 1/S_o = 1/f_i$$

a partir de los datos recogidos en el laboratorio tenemos:

Como se puede observar los valores obtenidos para la distancia focal son muy dispares para cada serie de medidas por lo que no podemos dar un valor medio de la focal sin que su error sea muy grande.

El aumento visual teórico de una lupa viene dado por la expresión:

$$A = 1 + (d_0 - d)/f_i$$

donde d_0 es la distancia entre el objeto y el cristalino del ojo, d es la distancia de la lupa al cristalino y f_i es la distancia focal de la lente que hace la función de lupa (en nuestro caso será la lente número 1 cuya distancia focal es $5,5 \pm 0,1$ cm).

Para el estudio de la lupa hemos calculado el aumento visual para tres "ojos" distintos por no disponer de

espacio suficiente para realizar la práctica como se requiere en el guion.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

OJO N° 1:

La distancia entre el cristalino y la retina de este ojo es 35,8±0,2 cm.

Aumento visual práctico = $TF/TI = 3,04 \pm 0,15$ cm

Aumento visual teórico = $1 + (d_0 - d)/f_i = 3,00 \pm 0,21$ cm.

($d_0 = 14,8 \pm 0,2$ cm; $d = 3,8 \pm 0,2$ cm)

OJO N° 2:

La distancia entre el cristalino y la retina de este ojo es 32,3±0,2 cm.

Aumento visual práctico = $TF/TI = 1,52 \pm 0,11$ cm.

Aumento visual teórico = $1 + (d_0 - d)/f_i = 1,78 \pm 0,19$ cm.

($d_0 = 16,6 \pm 0,2$ cm; $d = 12,3 \pm 0,2$ cm)

OJO N° 3:

La distancia entre el cristalino y la retina de este ojo es 21,5±0,2 cm.

Aumento visual práctico = $TF - TI = 2,58 \pm 0,30$ cm.

Aumento visual teórico = $1 + (d_0 - d)/f_i = 2,42 \pm 0,17$ cm.

($d_0 = 19,5$ cm; $d = 11,7$ cm)

Para contruir nuestro microscopio hemos tomado dos lentes convergentes, una ser el ocular ($f_i = 10,2 \pm 0,1$ cm) y la otra ser el objetivo ($f_o = 5,5 \pm 0,1$ cm).

El aumento visual teórico de un microscopio como el nuestro es:

$$A = (S_i/S) [1 + (d_0 - d)/f_i]$$

donde S_i es la distancia del objetivo a la imagen (pantalla), S es la distancia del objeto al objetivo, d_0 es la distancia del objeto al ojo, d es la del ocular al ojo y f_i es la distancia focal del ocular.

Nuestros resultados son los siguientes:

Aumento visual práctico = $TF/TI = 2,11 \pm 0,17$ cm.

Aumento visual teórico = $(S_i/S) [1 + (d_0 - d)/f_i] = 3,46 \pm 0,20$ cm.

($S_i = 13,3 \pm 0,2$ cm; $S = 9,4 \pm 0,2$ cm; $d_0 = 18,1 \pm 0,2$ cm; $d = 4,1 \pm 0,2$ cm; $f_i = 10,2 \pm 0,1$ cm)

INTERFERENCIA POR DOBLE RENDIJA

1.OBJETIVO.

Familiarizarse con los conceptos b sicos relacionados con los fenomenos de interferencia y estudiar el patrón de interferencia generado por dos fuentes lineales.

Determinar la longitud de onda de una fuente casi-monocrom tica mediante un proceso interferencial.

2.INTRODUCCIÒN TEÒRICA.

3.MATERIAL.

–Fuente de luz casi-monocrom tica.

–Rendija.

–Doble rendija.

–Ocular.

–Banco óptico con diversos soportes.

4.MÉTODO EXPERIMENTAL.

Nuestro objetivo es obtener la longitud de onda de una fuente casi-monocrom tica por medio de un proceso interferencial.

La luz procedente de un foco lineal, rendija muy estrecha, la hacemos incidir sobre una doble rendija, que se comporta como focos coherentes de luz dando lugar al fenómeno de interferencia en la zona de superposición de los haces procedentes de la misma.

Cuando consideramos un plano de observación paralelo al plano que contiene las fuentes secundarias observamos una serie de bandas brillantes y oscuras correspondientes a los máximos y mínimos de interferencia. Las posiciones de estos máximos y mínimos vienen dadas por:

Máximo: $x = Dm\lambda/b$ $m=0,1,2,\dots$

Mínimo: $x = [(m+1/2)D\lambda]/b$

donde b es la distancia entre las rendijas y D es la distancia entre stas y el plano de observación ($D \gg b$).

Conociendo D y B y a partir de la separación entre máximos y mínimos consecutivos obtenemos la longitud de onda de la luz de nuestra fuente (λ).

La práctica la realizaremos con cuatro dobles rendijas. La distancia b de cada una de ellas es:

$b_1=0,40 \pm 0,01\text{mm}$ $b_2=0,18 \pm 0,01\text{mm}$ $b_3=0,44 \pm 0,01\text{mm}$ $b_4=0,21 \pm 0,01\text{mm}$

Variando D , distancia de las rendijas al plano de observación, y midiendo las distancias entre máximos obtenemos:

$$D=128\pm 1 \text{ mm.}$$

Despejando λ de las ecuaciones anteriores obtenemos la longitud de onda para cada rendija:

$$\lambda = x_b / mD$$

$$\lambda_1 = 594\pm 51 \text{ nm.}$$

$$\lambda_2 = 605\pm 52 \text{ nm.}$$

$$\lambda_3 = 619\pm 53 \text{ nm.}$$

$$\lambda_4 = 591\pm 49 \text{ nm.}$$

De donde obtenemos un valor medio:

$$\lambda_{\text{media}} = 602\pm 51 \text{ nm}$$

$$D = 222\pm 1 \text{ mm.}$$

Las longitudes de onda obtenidas son:

$$\lambda_1 = 585\pm 30 \text{ nm.}$$

$$\lambda_2 = 600\pm 44 \text{ nm.}$$

$$\lambda_3 = 595\pm 36 \text{ nm.}$$

$$\lambda_4 = 577\pm 40 \text{ nm.}$$

De donde:

$$\lambda_{\text{media}} = 592\pm 39 \text{ nm.}$$

$$D = 256\pm 1 \text{ mm.}$$

$$\lambda_1 = 578\pm 32 \text{ nm.}$$

$$\lambda_2 = 598\pm 48 \text{ nm.}$$

$$\lambda_3 = 584\pm 33 \text{ nm.}$$

$$\lambda_4 = 582\pm 38 \text{ nm.}$$

De donde:

$$\lambda_{\text{media}} = 586\pm 36 \text{ nm.}$$

$$D = 333\pm 1 \text{ mm.}$$

$$\lambda_1 = 613\pm 29 \text{ nm.}$$

$\lambda_2 = 584 \pm 40 \text{ nm}$.

$\lambda_3 = 555 \pm 27 \text{ nm}$.

$\lambda_4 = 586 \pm 36 \text{ nm}$.

De donde:

$\lambda_{\text{media}} = 585 \pm 33 \text{ nm}$.

$D = 369 \pm 1 \text{ mm}$.

$\lambda_1 = 575 \pm 27 \text{ nm}$.

$\lambda_2 = 576 \pm 38 \text{ nm}$.

$\lambda_3 = 560 \pm 26 \text{ nm}$.

$\lambda_4 = 515 \pm 37 \text{ nm}$.

De donde:

$\lambda_{\text{media}} = 582 \pm 30 \text{ nm}$.

$D = 444 \pm 1 \text{ mm}$.

$\lambda_1 = 559 \pm 24 \text{ nm}$.

$\lambda_2 = 577 \pm 37 \text{ nm}$.

$\lambda_3 = 575 \pm 24 \text{ nm}$.

$\lambda_4 = 572 \pm 33 \text{ nm}$.

De donde:

$\lambda_{\text{media}} = 571 \pm 29 \text{ nm}$.

Concluimos que el valor de la longitud de onda de la luz con la que hemos trabajado es:

$\lambda = 586 \pm 27 \text{ nm}$.

Esta es la longitud de onda correspondiente al amarillo que es el color emitido de la luz emitida por la lámpara de helio con la que hemos trabajado.

Nota: Antes de comenzar a realizar las medidas hay que procurar que todos los instrumentos estén bien alineados sobre el banco óptico para evitar un desplazamiento transversal de las franjas. La rendija no se debe abrir demasiado sino no seríamos capaces de observar el patrón de interferencia ya que perderíamos coherencia espacial.

PLACAS ZONALES CIRCULARES.

1.OBJETIVO.

Demostrar la posibilidad de focalizar luz utilizando objetos opacos.

Determinación de la distancia focal de una placa zonal para las radiaciones verde, amarilla y roja de una fuente de luz blanca.

Determinación de las longitudes de onda de las radiaciones anteriores.

2.INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

Disponemos de dos tipos de placas zonales : placas zonales de amplitud y placas zonales de fase. Las placas zonales de amplitud consisten en un sistema de anillos opacos y transparentes tales que los opacos tapan las zonas con signo negativo, las placas zonales de fase son anillos transparentes que cambian el signo negativo de las zonas pares volviéndolo positivo, esto se consigue cambiando los índices de las zonas pares o impares de modo que se multiplica la amplitud por una fase negativa.

3.MATERIAL.

- Fuente de luz blanca.
- Diapositiva con una imagen definida.
- Placa zonal de fase.
- Pantalla de observación.
- Banco óptico con soportes.

4.MÉTODO EXPERIMENTAL.

Para comenzar la toma de datos situamos la diapositiva con la imagen delante de la fuente de la luz blanca, a continuación la placa zonal de amplitud y por último la pantalla. Movemos la pantalla hasta conseguir enfocar las imágenes para cada color. Existen tres posiciones para las cuales vemos la imagen nítida con diferentes aumentos. Trabajaremos con las distancias más alejadas de la placa zonal.

Primero calcularemos la focal principal de la placa zonal para cada color, para ello debemos medir la distancia entre el objeto y la placa para la cual la imagen está enfocada (a) y la distancia placa–imagen (a_i). La posición de la focal principal (f_i) vendrá dada por:

$$1/f_i = 1/a + 1/a_i$$

Color rojo.

La distancia objeto–placa permanecer constante durante la toma de datos:

$$a = 17,0 \pm 0,2 \text{ cm.}$$

Tomamos 10 medidas para las distintas posiciones de la pantalla:

$$x_1 = 40,7 \pm 0,1 \text{ cm. } x_2 = 38,5 \pm 0,1 \text{ cm.}$$

$x_3=37,1\pm 0,1$ cm. $x_4=35,7\pm 0,1$ cm.

$x_5=35,4\pm 0,1$ cm. $x_6=39,9\pm 0,1$ cm.

$x_7=40,0\pm 0,1$ cm. $x_8=37,0\pm 0,1$ cm.

$x_9=36,6\pm 0,1$ cm. $x_{10}=39,0\pm 0,1$ cm.

como la placa zonal se encuentra situada en $x=68,7\pm 0,1$ cm los valores de a_i ser n los siguientes:

$a_{1i}=20,7\pm 0,2$ cm. $a_{2i}=30,2\pm 0,2$ cm.

$a_{3i}=31,6\pm 0,2$ cm. $a_{4i}=33,0\pm 0,2$ cm.

$a_{5i}=33,3\pm 0,2$ cm. $a_{6i}=28,8\pm 0,2$ cm.

$a_{7i}=28,7\pm 0,2$ cm. $a_{8i}=31,7\pm 0,2$ cm.

$a_{9i}=32,1\pm 0,2$ cm. $a_{10i}=29,7\pm 0,2$ cm.

Otenemos un valor medio de:

$a_{\text{media}}=30,7\pm 0,1$ cm.

Sustituyendo a y a_i en:

$$1/f_i = 1/a + 1/a_i$$

conseguimos un valor de f_i para la radiaci3n roja igual a::

$f_i=10,8\pm 0,1$ cm.

Color amarillo.

La distancia objeto-placa sigue siendo:

$a=17,0\pm 0,2$ cm.

Las medidas tomadas son:

$x_1=427,7\pm 0,1$ cm. $x_2=24,2\pm 0,1$ cm.

$x_3=27,0\pm 0,1$ cm. $x_4=26,9\pm 0,1$ cm.

$x_5=28,4\pm 0,1$ cm. $x_6=27,7\pm 0,1$ cm.

$x_7=28,6\pm 0,1$ cm. $x_8=28,5\pm 0,1$ cm.

$x_9=25,9\pm 0,1$ cm. $x_{10}=28,2\pm 0,1$ cm.

con lo que ainos da:

$a1i=41,0\pm0,2$ cm. $a2i=44,5\pm0,2$ cm.

$a3i=41,7\pm0,2$ cm. $a4i=41,8\pm0,2$ cm.

$a5i=40,3\pm0,2$ cm. $a6i=41,0\pm0,2$ cm.

$a7i=40,1\pm0,2$ cm. $a8i=40,2\pm0,2$ cm.

$a9i=42,8\pm0,2$ cm. $a10i=40,5\pm0,2$ cm.

$a\bar{i}media=41,4\pm0,1$ cm.

entonces:

$f\bar{i}=12,0\pm0,1$ cm.

Color verde.

$a=17,0\pm0,2$ cm.

Las posiciones de la pantalla son:

$x1=14,5\pm0,1$ cm. $x2=14,2\pm0,1$ cm.

$x3=15,2\pm0,1$ cm. $x4=14,2\pm0,1$ cm.

$x5=15,7\pm0,1$ cm. $x6=15,0\pm0,1$ cm.

$x7=17,9\pm0,1$ cm. $x8=16,6\pm0,1$ cm.

$x9=15,1\pm0,1$ cm. $x10=17,8\pm0,1$ cm.

con lo que:

$a1i=54,2\pm0,2$ cm. $a2i=54,5\pm0,2$ cm.

$a3i=53,5\pm0,2$ cm. $a4i=54,5\pm0,2$ cm.

$a5i=53,0\pm0,2$ cm. $a6i=53,7\pm0,2$ cm.

$a7i=50,8\pm0,2$ cm. $a8i=52,1\pm0,2$ cm.

$a9i=53,6\pm0,2$ cm. $a10i=50,9\pm0,2$ cm.

$a\bar{i}media=43,1\pm0,1$ cm.

Resultando un valor para la focal principal de:

$f\bar{i}=12,9\pm0,1$ cm.

Ahora queremos calcular los radios de los anillos oscuros de la placa (cuanto más alejados del centro están mejor). Para ello medimos la posición del centro y la de los anillos con la ayuda de un microscopio.

El centro est situado en:

centro=3,715±0,01 cm.

El valor de los radios ser :

A partir de estos datos y sabiendo que los radios de los anillos (claros y oscuros) de una placa zonal est n relacionados con su focal y la longitud de onda por medio de:

$$r_j^2 - r_k^2 = (j - k) \lambda f$$

calcularemos la longitud de onda, λ , para cada color.

Color rojo.

$$\lambda_{15-19} = 643,6 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{20-25} = 426,0 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{27-30} = 365,8 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{32-34} = 588,0 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{35-40} = 713,0 \text{ nm.}$$

Resultando un valor medio de:

$$\lambda_{media} = 547,4 \pm 65,6 \text{ nm.}$$

Color amarillo.

$$\lambda_{15-19} = 579,2 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{20-25} = 383,4 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{27-30} = 329,2 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{32-34} = 529,2 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{35-40} = 641,7 \text{ nm.}$$

El valor de λ_{media} es:

$$\lambda_{media} = 492,6 \pm 59,0 \text{ nm.}$$

Color verde.

$$\lambda_{15-19} = 570,3 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{20-25} = 376,1 \text{ nm.}$$

$$\lambda_{27-30} = 322,3 \text{ nm.}$$

$\lambda_{32-34}=520,6 \text{ nm.}$

$\lambda_{35-40}=632,2 \text{ nm.}$

La longitud de onda ser :

$\lambda_{media}=484,2 \pm 58,5 \text{ nm.}$

INTERFERÒMETRO DE MICHELSON.

1.OBJETIVO.

Reconocer en el laboratorio los fenómenos de interferencia y estudiar el patrón de interferencia generado por un interferómetro de Michelson.

Determinar la longitud de onda de una fuente casi-monocromática a partir de un proceso interferencial.

Determinar la separación espectral entre las dos líneas amarillas de una lámpara de sodio.

Observar un patrón de interferencia con luz blanca.

2.INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

El interferómetro de Michelson es uno de estos dispositivos, en el que realiza una división de amplitud, es decir, el haz se divide en 2 haces mediante reflexión parcial en superficies (parte del haz se refleja y parte se transmite).

El interferómetro de Michelson ha servido históricamente para dar evidencias de la validez de la teoría relativista (experimento Michelson-Morley), y para obtener medidas de la estructura hiperfina de las líneas espectrales.

Est constituido por 2 espejos y una lámina separadora semiplataada (divisor de haz: Beam-splitter). Los espejos se disponen perpendicularmente, de tal modo que la lámina separadora forma un ángulo de $\pi/4$ con los espejos. Uno de los espejos queda fijo, y el otro es móvil (podremos variar su posición para introducir distintas diferencias de camino óptico). También hay una lámina compensadora, semejante a la lámina separadora, que sirve para compensar el camino óptico de la onda que se refleja en el espejo fijo, al atravesar la lámina separadora. Esta diferencia de camino óptico, se produce porque uno de los haces atraviesa la lámina semiplataada 3 veces, mientras que el otro sólo la atraviesa una vez.

Si un rayo de luz r llega a la lámina separadora, esta lo divide en dos, y después de reflejarse en sus respectivos espejos, los 2 haces vuelven a la lámina separadora, de modo que una parte del haz vuelve a la fuente y otra parte es la que nosotros vemos. Una vez que los haces atraviesan la lámina separadora la 2ª vez, salen de ella paralelos, esto quiere decir que la interferencia se observa en el (plano focal de una lente).

Puede ocurrir que la fuente extensa sea incoherente, en cuyo caso, los rayos que salen paralelos desde distintos puntos de la fuente convergen al mismo punto del plano focal de la lente sin interferir, hay por tanto un reforzamiento del fenómeno interferencial.

El desfase entre las 2 ondas que llegan al detector es $j=(2\pi D/\lambda)+j_0$ donde j_0 es el desfase acumulado en las reflexiones del divisor de haz y que supondremos igual a cero, y $D=2d\cos\theta$ siendo θ el ángulo que forma el rayo incidente en un punto del plano de observación con el eje del sistema de anillos que se forma a causa de la interferencia y d la diferencia de distancias de los espejos al punto central del sistema de anillos. Entonces,

tendremos máximos cuando $j=2pm$ (donde m es un entero que se refiere al orden interferencial), en cuyo caso $2d\cos\theta=ml$, y mínimos cuando $j=(2m+1)p/2$, obteniendo $2d\cos\theta=(m+1/2)l$. Las zonas de interferencia serán anillos brillantes y oscuros, correspondiéndose con los máximos y mínimos de intensidad.

Las características de las franjas observadas son que las franjas son de igual inclinación o de Haidinger, tienen geometría circular (anillos centrados en la dirección $\theta=0$ y están localizadas en el infinito).

Calcularemos la longitud de onda de la luz emitida por nuestra fuente sin más que observar la aparición de máximos y mínimos en el centro de los anillos ($\theta=0$) y contar el número de veces que el centro aparece brillante u oscuro en función del desplazamiento de uno de los espejos.

3.MATERIAL.

–Fuente de luz de sodio.

–Interferómetro de Michelson.

–Difusor.

4.MÉTODO EXPERIMENTAL.

Utilizando un interferómetro de Michelson vamos a estudiar un patrón de interferencia producido por la superposición de las ondas procedentes de dos fuentes de luz coherentes de la misma frecuencia, esto es debido a la diferencia de fase de las ondas en diferentes puntos del espacio.

El interferómetro de Michelson divide en dos haces, por medio de una lámina semiplataada, la luz procedente de una fuente luminosa. Los dos haces producidos se reflejan en unos espejos perpendiculares y regresan a la lámina pudiendo ser observada. Uno de los haces pasa a través de la lámina plateada tres veces mientras que el otro sólo una vez, para contrarrestar este efecto situamos en el camino del último haz una lámina transparente.

En la zona de superposición de los dos haces se forman una serie de anillos brillantes y oscuros correspondientes a los máximos y mínimos de interferencia. Las posiciones de estos máximos y mínimos vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

Máximo: $2d\cos\theta=ml$

Mínimo: $2d\cos\theta=(m+1/2)l$ $m=0,1,2,\dots$

donde d es la diferencia de distancias de los espejos al punto central del sistema de anillos, θ es el ángulo formado por el rayo que llega a un punto del plano de observación y el eje del sistema de anillos.

A partir de la aparición de máximos y mínimos en el centro de los anillos, $\theta=0$, obtendremos la longitud de onda de la fuente que estamos utilizando.

Para calcular esta longitud de onda partiremos de un máximo, o un mínimo, correspondiente a un orden dado m_1 , y desplazamos el espejo móvil del interferómetro una distancia D hasta otra posición de máximo (mínimo), correspondiente a otro orden m_2 , el número de máximos (mínimos) m_2-m_1 que se ven es:

$$m_2-m_1=2Dd/l \quad [1]$$

Sabiendo el número de máximos (mínimos) que aparecen en el centro del patrón de interferencia y midiendo el desplazamiento del espejo móvil hallaremos la longitud de onda, λ .

Nosotros mediremos el desplazamiento del espejo móvil del interferómetro de Michelson para que aparezcan máximos, es decir:

$$m_2 - m_1 = 100$$

Hemos realizado 12 medidas:

$$Dd_1 = 0,17 \quad Dd_2 = 0,16$$

$$Dd_3 = 0,16 \quad Dd_4 = 0,16$$

$$Dd_5 = 0,17 \quad Dd_6 = 0,15$$

$$Dd_7 = 0,15 \quad Dd_8 = 0,14$$

$$Dd_9 = 0,14 \quad Dd_{10} = 0,15$$

$$Dd_{11} = 0,16 \quad Dd_{12} = 0,14$$

Obtenemos un valor medio para Dd de:

$$Dd_{media} = 0,154 \pm 0,003$$

Despejando la longitud de onda de [1] tenemos:

$$\lambda = 2Dd / (m_2 - m_1)$$

Sustituyendo por nuestros datos:

$$\lambda = 616,6 \pm 12,5 \text{ nm}$$

Calcularemos a continuación la separación entre las 2 líneas amarillas de la lámpara de sodio con la que estamos trabajando. Estas líneas producen un patrón de interferencia en el interferómetro que es la superposición de los patrones correspondientes a cada longitud de onda. Moviendo el espejo alcanzamos posiciones en las que los 2 patrones son complementarios, los máximos de interferencia de una longitud de onda coinciden con los mínimos para otra. En este caso veremos un campo uniforme correspondiente al mínimo de visibilidad de las franjas.

Consideramos 2 posiciones consecutivas del espejo móvil separadas por una distancia Dd para las cuales tenemos un campo uniforme. Para obtener la separación entre las 2 longitudes de onda tendremos en cuenta las condiciones de máximo y mínimo centrales. Entonces,

$$D\lambda = \lambda^2 / 2Dd \quad [2]$$

donde λ es la media de las longitudes de onda consideradas.

Alcanzamos un campo uniforme para las siguientes posiciones:

$$d_0 = 0,28$$

$$d_1 = 1,82$$

$$d_2=3,30$$

$$d_3=4,86$$

$$d_4=6,34$$

$$d_5=7,84$$

$$d_6=9,32$$

$$d_7=10,74$$

$$d_8=12,24$$

$$d_9=13,67$$

$$d_{10}=15,11$$

Entonces, la distancia entre 2 campos uniformes consecutivos nos da:

$$D_{d0-1}=1,54$$

$$D_{d1-2}=1,48$$

$$D_{d2-3}=1,56$$

$$D_{d3-4}=1,48$$

$$D_{d4-5}=1,50$$

$$D_{d5-6}=1,48$$

$$D_{d6-7}=1,42$$

$$D_{d7-8}=1,50$$

$$D_{d8-9}=1,43$$

$$D_{d9-10}=1,44$$

Obtenemos un valor medio para

$$D_d=1,48 \pm 0,01$$

que substituyendo en la ecuación [2] y tomando la longitud de onda antes calculada, nos da un valor de:

$$D_l=6,410 \pm 0,032 \text{ nm}$$

Sumando y restandole esta cantidad a la longitud de onda antes calculada, obtenemos el valor de las 2 líneas amarillas de la lámpara de sodio:

$$l_1=613,45 \pm 12,53 \text{ nm}$$

$\lambda = 619,87 \pm 12,87 \text{ nm}$

DIFRACCIÓN POR ABERTURAS.

OBJETIVO.

Reconocer en el laboratorio los conceptos básicos relacionados con los fenómenos de difracción y observar el patrón de interferencia generado por una rendija.

Determinar la longitud de onda de una fuente casi-monocromática a partir de un proceso de difracción por varias aberturas en aproximación Fraunhofer.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

MATERIAL.

- Fuente de luz casi-monocromática.
- Rendija de abertura variable.
- Pantalla de observación con papel milimetrado.
- Banco óptico con soportes.

MÉTODO EXPERIMENTAL.

Montamos el dispositivo experimental situando la rendija, en nuestro caso de abertura variable, delante de la fuente de luz, y, lo más alejado posible de esta, la pantalla de observación.

La luz, una vez que atraviesa la rendija, se difracta, es decir, entra luz en la zona de sombra geométrica y aparecen regiones iluminadas fuera de la misma.

Debido al proceso de difracción observamos en la pantalla una franja de luz en la que podemos apreciar máximos y mínimos de intensidad cuya posición viene dada por:

$$Q = \lambda n / k \quad [1]$$

donde λ es la longitud de onda que queremos determinar, n el orden del máximo o mínimo ($n=0,1,2,\dots$) y k una constante cuyo valor es $k=2a$ siendo a la anchura de la rendija.

Para obtener la longitud de onda despejamos λ de [1]:

$$\lambda = kQ/n = 2a \arctg(Dx/d)$$

siendo Dx la distancia entre el máximo o mínimo al origen de coordenadas de la pantalla de observación y d la separación entre la rendija y la pantalla.

En nuestro montaje hemos situado la pantalla a $1822 \pm 3 \text{ mm}$. de la rendija.

Realizamos la práctica para distintas aberturas de la rendija:

$$a = 0,47 \pm 0,01 \text{ mm}.$$

Consideraremos las posiciones de los mínimos.

Para cada una de estas posiciones obtenemos las siguientes longitudes de onda:

El valor medio de estas longitudes de onda es:

$\lambda_{media} = 669,1 \text{ nm}$.

$a = 0,50 \pm 0,01 \text{ mm}$.

$\lambda_{media} = 658,7 \text{ nm}$.

$a = 0,71 \pm 0,01 \text{ mm}$.

$\lambda_{media} = 655,5 \text{ nm}$.

$a = 0,94 \pm 0,01 \text{ mm}$.

$\lambda_{media} = 648,8 \text{ nm}$.

Finalmente, el valor de la longitud de onda de la luz de nuestra lámpara es:

$\lambda = 658,0 \text{ nm}$.

Si sobrepasamos una cierta abertura perderemos coherencia y no somos capaces de observar el patrón de interferencia.

ANÁLISIS DE LUZ POLARIZADA.

OBJETIVO.

Identificación del estado de polarización de un haz de luz.

Cálculo de los parámetros de Stokes de haz.

Determinación del vector de Jones.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA.

MATERIAL.

–Láser He–Ne.

–Lmina $\lambda/4$.

–Lmina retardadora.

–Polarizador lineal.

–Detector de intensidad.

–Tres lentes convergentes.

–Diafragma.

–Banco Óptico con soportes.

METODO EXPERIMENTAL.

En primer lugar procedemos al montaje de la práctica. Montamos el laser y situamos el detector de intensidades en el banco Óptico, dejando espacio suficiente para colocar el resto de los instrumentos de los que consta el experimento. Debemos de tener en cuenta que el haz emitido por el laser debe atravesar todos los dispositivos que coloquemos sobre el banco.

Nuestra primera medida consiste en saber cual es la intensidad del laser sin que interpongamos nada entre l y el detector:

$I_{\text{inicial}}=9$

No indicamos unidades porque medimos intensidades relativas.

I.Determinación de los ejes del polarizador y de las l minas.

Lo primero que calcularemos ser los ejes del polarizador y de las dos l minas retardadoras

splazamiento de uno de los espejos.