

BANCO ÓPTICO. CALIBRADO DE LENTES.

1. Objetivos

El objetivo de la práctica aquí propuesta es el aprendizaje de la utilización del banco óptico, así como el cálculo de distancias focales entre diversas lentes.

2. Material

Como material necesario tenemos los siguientes elementos:

Banco óptico con fuente de luz

Soportes portalentes

Lentes problema

Pantalla

3. Fundamentos

Como lente entendemos un sistema óptico delimitado por dos superficies esféricas refractantes que forman imágenes de objetos en base a las leyes de la Óptica Geométrica. Estas leyes o principios fundamentales se reducen a; los ángulos que forman el rayo incidente y el reflejado con la normal a la superficie en el punto de incidencia se llaman respectivamente ángulo de incidencia y ángulo de reflexión y son iguales. En el caso de la refracción los senos de los ángulos de incidencia y de refracción son proporcionales a los índices de refracción de los dos medios en cuya superficie de separación tiene lugar el fenómeno.

El parámetro esencial que determina las características de una lente delgada es su distancia focal o focal f , definida como la distancia entre la lente y el punto donde se cortan todos los rayos que sobre ella inciden paralelos al eje.

La razón entre el tamaño de la imagen y el del objeto es siempre igual a la razón entre la distancia a la imagen y la distancia al objeto (medida a partir del centro óptico). Esta relación se expresa mediante la ley de Gauss:

$$1/f = 1/p + 1/q$$

Siendo f la distancia focal; p , la distancia del centro óptico al objeto y q , la distancia del centro óptico a la imagen.

Rayo paralelo al eje

objeto

Eje principal

Imagen

p q

Las lentes a su vez son clasificadas en convergentes y divergentes.

Las lentes convergentes son más gruesas por el centro que por los bordes, la distancia focal de estas lentes se considera positiva

Las lentes divergentes son más gruesas por los bordes y se estrechan en el centro, la distancia focal de estas lentes se considera negativa,

Las lentes convergentes producen imágenes reales mientras que las divergentes producen imágenes virtuales.

Podemos yuxtaponer dos lentes focales dando como distancia focal la suma de ambas

$$1 / f = 1/f_1 + 1/f_2$$

4. Método

Tenemos una serie de lentes dos convergentes y una divergente, con ellas vamos a realizar diferentes medidas para hallar el foco de cada una de ellas. Como objeto a reflejar en la pantalla se puede utilizar el propio filamento de la bombilla o fuente de luz y para una posición dada de ésta se desplazará la pantalla traslúcida hasta que sobre ella se observe nítidamente la imagen. Las distancias se medirán sobre la escala auxiliar. Las medidas solo se pueden hacer para lentes convergentes o para pares que funcionen como lentes convergentes.

Calibrado de lentes divergentes

Realizaremos una tabla con cada una de las lentes, la primera se realiza con la lente divergente, a la cual para hallar estos datos la hemos unido a una convergente.

Como la lente divergente no forma imágenes reales sino virtuales para su calibrado se pondrá delante una lente convergente para que $f > 0$. Después colocaremos la lente soporte en distintas posiciones tomando los datos en la tabla de la distancia del objeto a la lente s , y de la lente a la imagen s^* , y con sus errores, después mediante la primera fórmula descrita se calcula f para cada caso y su error, para f se hará el promedio de las diferentes medidas.

Calibrado de lentes convergentes

Colocada la lente en el soporte se moverá en distintas posiciones, en cada caso se buscará la posición de la pantalla en la que la imagen sea clara. De esta forma anotaremos parejas de valores p y q , con estimaciones razonables para sus errores, y se calculará la correspondiente f también junto con su error. Finalmente, se dará el promedio como mejor estimación.

5. Desarrollo

a) Medidas

$S \text{ (mm)} \pm 5$	$S' \text{ (mm)} \pm 5$	$F \text{ (mm)} \pm 5$
100	700	87.5
200	165	90.41
300	133	92.14

Promedio de $f \text{ (mm)} = 90.02$

Teniendo en cuenta que es la suma de la lente convergente más la lente divergente

b) Cálculo de errores.

$$1/f = 1/s' + 1/s$$

$$d(1/f) = d(1/s) + d(1/s')$$

$$1/f^2 df = 1/s^2 ds + 1/s'^2 ds'$$

$$f = f_2 + (s/s^2 + s'/s'^2) \quad (\text{Esta fórmula sirve para hallar los errores de todos los casos})$$

$$f_1 = 7656.25 \cdot (5/10000 + 5/490000) = 3.91$$

$$f_2 = 8173.97 \cdot (5/40000 + 5/27225) = 3.33$$

$$f_3 = 8489.78 \cdot (5/90000 + 5/17689) = 2.87$$

Se coge el error mayor de los tres que corresponde a 3.91

Como hemos advertido antes esto corresponde a las dos lentes que hemos instalado juntas una primera convergente y la otra divergente.

Mediante la fórmula que seguidamente expresaremos vamos a hallar la focal de la lente divergente así como su error.

$$1/f = 1/f_1 + 1/f_2$$

$$1/f - 1/f_1 = 1/f_2$$

$$f_1 - f / f \cdot f_1 = 1/f_2$$

$$f_2 = f \cdot f_1 / f_1 - f$$

f_1 corresponde a la lente convergente cuya distancia focal ahora representada sin ningún tipo de cálculo para hallar la focal de la lente divergente será hallada más abajo.

$$f_2 = 90.02 \cdot 45.37 / 45.37 - 90.02 = -91.47$$

Hallaremos seguidamente el error de f_2

$$1/f = 1/f_1 + 1/f_2$$

$$d(1/f) = d(1/f_1) + d(1/f_2)$$

$$d(1/f) - d(1/f_1) = d(1/f_2)$$

$$1/f^2 df_2 = 1/f^2 df - 1/f_1^2 df_1$$

$$f_2 = f^2 \cdot (f / f^2 + f_1 / f_1^2) \quad \text{el error de } f_1 \text{ así como } f_1 \text{ sus valores serán calculados posteriormente.}$$

$$f_2 = 8366.76 \cdot (3.91 / 8103.6 + 3.51 / 2058.44) = 18.30$$

$$\text{El \% de error es: } 18.30 / 91.47 \cdot 100 = 20\%$$

La siguiente distancia focal a medir es la de la lente más convergente correspondiente a su vez a la misma que hemos utilizado con la lente divergente y cuyos datos ya han sido utilizados anteriormente. Se seguirá el mismo procedimiento.

S(mm) ± 5	s(mm) ± 5	f (mm) ±
50	226	40.9
80	112	46.66
100	94	48.45

Promedio de la distancia focal corresponde a 45.37

hallamos los errores de cada una de las distancias focales para luego elegir el mayor de ellos

$$f = f_2 \cdot \left[\frac{s}{s^2} + \frac{s^*}{s^{*2}} \right]$$

$$f_1 = 1672.81 \cdot \left(\frac{5}{2500} + \frac{5}{51076} \right) = 3.51$$

$$f_2 = 2177.16 \cdot \left(\frac{5}{6400} + \frac{5}{12544} \right) = 2.57$$

$$f_3 = 2347.40 \cdot \left(\frac{5}{10000} + \frac{5}{8836} \right) = 2.5$$

Por lo que el error total es 3.51 teniendo en cuenta que siempre se toma el mayor de los errores.

El tanto por ciento de este error es de $3.51/45.37 \cdot 100 = 7.74\%$ de error

La última medición se realizará de una lente también convergente pero menos que la anterior y cuya tabla es la que abajo exponemos:

s (mm) ± 5	s* (mm) ± 5	f (mm) ±
100	755	88.30
200	278	94.18
300	14.7	98.66

El promedio realizado da como resultado que la distancia focal corresponde al valor de : 93.71 y que su error tomando la fórmula ya anteriormente utilizada:

$$f_1 = 7796.89 \cdot \left(\frac{5}{10000} + \frac{5}{570025} \right) = 3.97$$

$$f_2 = 8869.87 \cdot \left(\frac{5}{40000} + \frac{5}{77284} \right) = 1.68$$

$$f_3 = 9733.80 \cdot \left(\frac{5}{90000} + \frac{5}{21609} \right) = 2.79$$

Se toma como error como hemos señalado antes el mayor de las tres correspondiente a: 3.97

El tanto por ciento de error es igual a: $3.97/93.71 \cdot 100 = 4.24\%$ de error

Antes de pasar a las cuestiones intentaré explicar la diferencia entre una lente convergente y una divergente, así como lo de imagen real y virtual a través de unos dibujos aclarativos.

objeto

imagen

Las lentes convergentes suelen producir imágenes reales salvo en una ocasión que será explicada en las cuestiones.

En las lentes divergentes la imagen es virtual porque se produce anteriormente a la lente y no se puede ver, el foco principal a su vez está también delante de la lente y por eso se considera negativo.

6. Cuestiones

CUESTIÓN 1

Justificar por qué se define también la distancia focal como la distancia entre la lente y el plano sobre el que se forma la imagen de un objeto infinitamente alejado.

Para responder esta cuestión nos basaremos en una serie de dibujos.

Un objeto alejado infinitamente los rayos que sobre la lente inciden son considerados paralelos, e inciden en la lente de forma paralela, la lente es la encargada de desviar según sus características los rayos en las diferentes direcciones.

Los rayos que procedentes del objeto alejado infinitesimalmente llegan a la lente paralela a ella, la lente les desvía y todos los rayos inciden en un punto llamado foco principal. En particular solo los rayos que llegan paralelos y cruzan el centro óptico llegan en línea recta al foco, el resto convergen en el foco, este foco está a una distancia fija del centro óptico de la lente, esta distancia recibe el nombre de distancia focal o foco.

La distancia focal es la distancia del centro óptico de la lente y el punto donde se reúnen los rayos paralelos después de atravesarla, como en el enunciado pone que es un objeto alejado infinitesimalmente todos los rayos que sobre la lente inciden son paralelos y por tanto todos convergen en el mismo punto, el foco. Ese foco corresponde a la imagen, e aquí el porque de la oración del enunciado.

Foco principal

foco

CUESTIÓN 2

Con una lente convergente hay una distancia mínima s por debajo de la cual no se obtienen imágenes reales. ¿Cuál es la distancia? ¿Por qué?

Depende de la distancia a la que coloquemos el objeto respecto de la lente, la imagen se crea de una forma u otra.

Si el objeto está en el foco principal, no se forma imagen alguna porque los rayos salen de la lente siguiendo direcciones paralelas. Un objeto situado entre el foco y la lente no producen imágenes reales, pero forman una imagen virtual, directa y mayor que el objeto.

Cuando se crea una imagen es porque todos los rayos convergen en los diferentes puntos que forman la imagen, cuando la distancia es menor a la focal entonces los rayos no convergen en ningún punto por delante de la lente.

Además según las diferentes distancias respecto al foco la imagen tiene unas características u otras; si el

objeto se halla a una distancia infinita la imagen se concentra en un punto que coincide con el foco principal, si la distancia es finita pero es superior al doble de la distancia focal, la imagen es real, invertida, y menor que el objeto. Si la distancia es igual al doble de la distancia focal, la imagen es real, invertida, y del mismo tamaño que el objeto. cuando la distancia está entre el doble de la focal y la focal, la imagen es real, invertida y de mayor tamaño que el objeto. El resto de los casos los hemos explicado al contestar la pregunta.

Distancia del objeto a la lente $>$ distancia focal.