



## Experimento 4: Formación de imágenes por lentes delgadas

### Objetivo:

Estudiar la formación de imágenes por lentes delgadas con aplicaciones a Microscopios y Telescopios

### Materiales:

- Banco Óptico.
- Lentes convergentes y divergentes.
- Fuente de Luz (Ampolleta), con su correspondiente fuente de poder.
- Pantalla.
- Regla.
- Papel milimetrado.
- Opcional: teléfono celular.

### Introducción:

La figura 1 representa la formación de imagen por una lente delgada en la aproximación paraxial. En la figura 1,  $f$  corresponde a la distancia focal de la lente,  $d_o$  la distancia del objeto

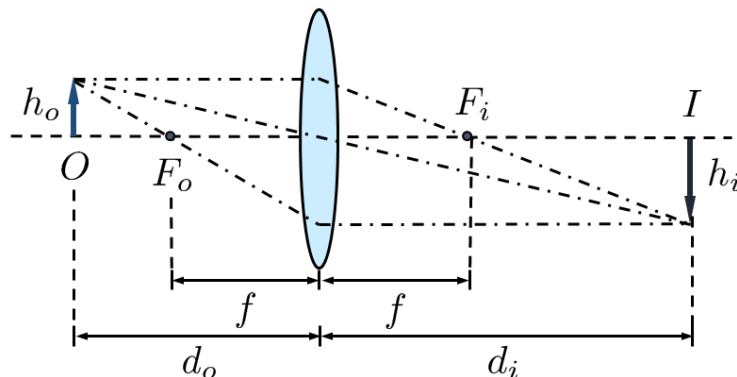


Figura 1: Formación de imagen por una lente delgada.

de tamaño  $h_o$  a la lente y  $d_i$  la distancia de la imagen de tamaño  $h_i$  a la lente.  $F_o$  y  $F_i$  son los puntos focales de la lente. Si  $f > 0$ , la lente es convergente o positiva y si  $f < 0$ , la lente

es divergente o negativa. La ecuación que relaciona las distancias focal, objeto e imagen, en la aproximación paraxial es

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (1)$$

que es conocida también como la "Fórmula de Gauss".

La relación entre  $h_o$  y  $h_i$  define la magnificación de la lente, que está dada por

$$M = -\frac{|h_i|}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o} \quad (2)$$

donde  $h_i > 0$  si la imagen tiene la misma orientación que el objeto.

## Parte 1: Distancia Focal y Magnificación de una Lente positiva

1. Obtenga una primera medición de la distancia focal de la lente convergente, usando el hecho que fijando las posiciones del objeto (ampolleta) e imagen (pantalla), existen dos posiciones de la lente que producen imagen.
2. Para una posición fija de la ampolleta, ajuste la posición de la pantalla de modo tal que obtenga la imagen más nítida posible.
3. Para la condición anterior mida  $d_o$ ,  $d_i$  y  $h_i$  (altura de la imagen).
4. Manteniendo ampolleta y pantalla fijas, mueva la lente hasta encontrar una nueva posición que produce una imagen nítida en la pantalla.
5. Para es nueva condición mida  $d_o$ ,  $d_i$  y  $h_i$  (altura de la imagen).
6. Determine  $f$  a partir de las mediciones anteriores.
7. Obtenga una segunda medición de la distancia focal, graficando  $1/d_i$  vs  $1/d_o$  para la misma lente de la medición anterior.
8. En este conjunto de mediciones determine para cada distancia  $d_i$  el rango de distancia en la cual la imagen tiene una calidad aceptable y asocie a este valor el error en la determinación de la posición de la imagen.
9. En sus gráfico incluya las incertezas estimadas para  $d_i$ .
10. Usando sus datos  $d_o$ ,  $d_i$  y  $h_i$  y haga un gráfico de  $h_i$  vs  $d_i/d_o$ , para calcular la altura del objeto.

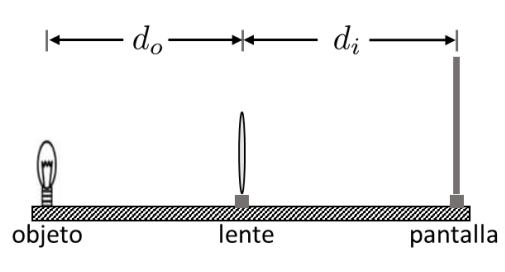


Figura 2: Montaje óptico para medir distancia focal de una lente convergente.

## Parte 2: Distancia Focal de una Lente Negativa

El procedimiento anterior no es útil al momento de determinar la distancia focal de una lente divergente, ya que esta por sí sola no puede formar una imagen real. Sin embargo, la distancia focal de una lente divergente puede ser medida si ella conforma con otra lente convergente un sistema que sea convergente. Para realizar la medición, considere el montaje óptico de la figura 3, donde la lente convergente tiene su distancia focal conocida.

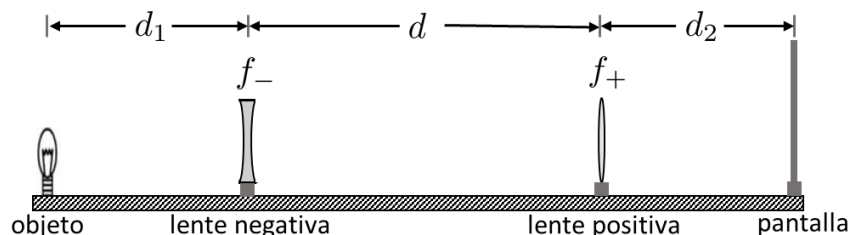


Figura 3: Montaje óptico para medir distancia focal de una lente divergente.

1. Arme un montaje óptico colocando entre el objeto y la pantalla una lente negativa y una lente positiva de distancia focal conocida, tal como se muestra en la figura 3.
2. Mueva las lentes hasta ver que se forme una imagen lo más nítida posible en la pantalla.
3. Mida las distancias  $d_1$ ,  $d$ , y  $d_2$ . La distancia focal  $f_- = f_{div}$  se puede determinar usando las distancias medidas,  $d_1$ ,  $d$ , y  $d_2$  y la Fórmula de Gauss. De esta forma, usted podrá calcular posiciones de las imágenes reales y virtuales producidas por las lentes, a partir de las cuales se puede obtener  $f_{div}$ .
4. Repita estas mediciones a fin de disminuir su margen de error en la medición de la distancia focal de la lente divergente

## Parte 3: Microscopio

Un microscopio sencillo se puede formar utilizando dos lentes convergentes, usando el montaje que muestra la figura 4.

1. Usando dos lentes convergentes, con  $f_1 < f_2$ , arme el montaje óptico que muestra la figura 4.
2. El objeto a mirar bajo su sencillo microscopio será su propia tarjeta PUC.
3. Previamente utilice papel milimetrado como objeto.
4. El lente con menor distancia focal,  $f_1$ , actúa como "objetivo" (en la posición más cercana al objeto).
5. Coloque su objeto (papel milimetrado) en el plano focal del objetivo. A partir de esto, encuentre el plano imagen del sistema.

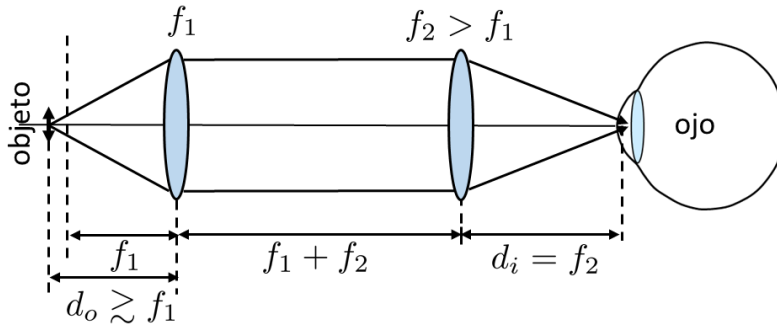


Figura 4: Montaje óptico para un microscopio sencillo.

6. Mida la magnificación de su microscopio a partir de las mediciones del papel milimetrado. Compare este valor con lo esperado para esta configuración óptica, en que la magnificación es  $M = -f_2/f_1$ . Trate de demostrarlo.
7. Ponga la tarjeta PUC sobre el papel milimetrado en el plano objeto y observe los puntos azules en el borde de la tarjeta con su microscopio. A partir de esto, determine la distancia entre estos puntos azules utilizando el papel milimetrado como referencia.
8. Opcionalmente registre una imagen usando la cámara de un teléfono celular y determine a partir de ella la magnificación.

## Parte 4: Telescopio

Un telescopio sencillo está formado por dos lentes delgadas positivas como muestra la figura 5.

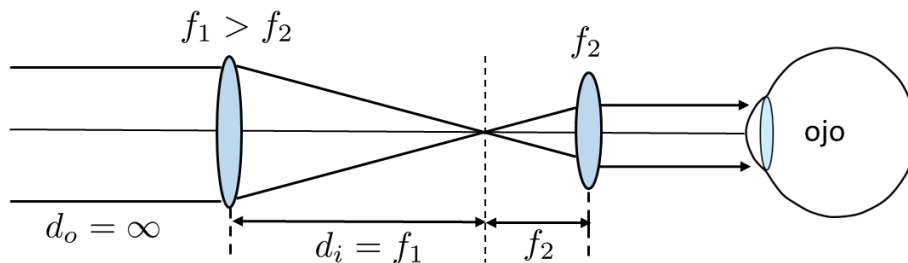


Figura 5: Montaje óptico para un microscopio sencillo.

1. La lente de mayor distancia focal,  $f_1$  es el objetivo (la más cercana al objeto). La lente de menor distancia,  $f_2$  focal es el ocular (la más cercana al ojo). Ponga el montaje de lentes cerca de un extremo del banco óptico y ponga la pantalla en el otro extremo.
2. Ponga el papel milimetrado sobre la pantalla, usando clips. El papel milimetrado actúa como objeto.
3. Enfoque la imagen del objeto, moviendo el lente objetivo. Para mirar la imagen, usted debe acercar un ojo al lente ocular.

4. Marque dos líneas en el papel milimetrado separadas por un milímetro. Determine la distancia a la cual ya no se puede distinguir que se trata de dos líneas:
  - a) con sus ojos
  - b) con su telescopio
5. Alternativamente registre la imagen con la cámara de un teléfono celular.
6. A partir de mediciones de tamaño objeto e imagen, determine la magnificación de su telescopio.
7. Compare este valor con lo esperado para esta configuración óptica, en que la magnificación es  $M = -f_1/f_2$ . Trate de demostrarlo.