

PRÁCTICA N° 2

## Sistemas simples de espejos, dióptricos y lentes.

### OBJETIVO:

Estudiar la formación de imágenes mediante una lente convergente. Medida de la distancia focal de una lente delgada convergente y de una divergente.

### EQUIPO NECESARIO:

Banco óptico provisto de fuente de iluminación, soportes deslizantes, diafragma circular y pantalla. Lentes convergente y divergente. Objeto.

### FUNDAMENTO TEÓRICO:

Una lente es un sistema óptico constituido generalmente por un cristal limitado por dos superficies esféricas, y que tiene la propiedad de formar imágenes de objetos. La imagen de un objeto producida por una lente depende de muchos factores, como puede ser la iluminación del objeto, el tamaño de este, el material constituyente de la lente (índice de refracción), las características geométricas de la lente (espesor y radios de curvatura de cada una de sus caras). Las lentes con las que vamos a trabajar en esta práctica se considerarán **delgadas**, es decir, que su espesor se puede despreciar en comparación con el tamaño de los radios de curvatura de sus superficies externas. Además, nuestras lentes van a estar **sumergidas en aire**<sup>1</sup>, puesto que el medio que rodea a la lente por ambas caras va a ser el aire.

Desde el punto de vista de la formación de imágenes, las lentes delgadas quedan caracterizadas por un parámetro llamado **distancia focal**, que permite hacer cálculos sobre la posición y el tamaño de los objetos e imágenes a través de la lente.

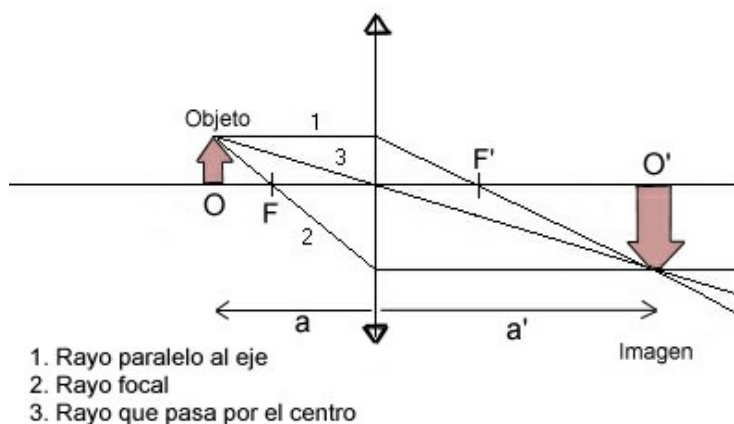


Figura 1

<sup>1</sup> En el caso de que la lente no esté sumergida en aire, ni las ecuaciones mostradas aquí, ni los razonamientos realizados, son válidos.

Consideremos un objeto  $O$  (ver figura 1) situado a una distancia  $a$  de una lente delgada  $L$ . Esta lente formará una imagen del objeto  $O'$  a una distancia  $a'$  cumpliéndose la relación:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}$$

[1]

donde  $a$  = distancia de la lente al objeto  
 $a'$  = distancia de la lente a la imagen  
 $f'$  = distancia focal de la lente

Esta expresión es válida siempre que los ángulos con los que se trabaja en el sistema óptico sean pequeños (en nuestro caso, gran distancia del objeto a la lente con respecto a su tamaño y pequeñas aberturas). Cuando esto suceda, diremos que estamos trabajando en el dominio de la *Óptica Paraxial*. Para hacer uso de la fórmula [1], debemos tener en cuenta se utiliza el convenio de signos DIN.

Veamos algunos ejemplos sencillos que pueden aclarar los conceptos real (objeto e imagen) y virtual (objeto e imagen):

- 1) Una cámara fotográfica consta, básicamente, de una lente delgada que forma la imagen de un objeto (real) en una pantalla o película fotográfica (también real).
- 2) Si nos miramos en un espejo, éste formará una imagen de nuestro rostro (objeto real) que será virtual (los rayos parecen provenir de detrás del espejo), no siendo posible recoger dicha imagen, por ser virtual, en una pantalla.
- 3) La imagen de un objeto dada por un espejo puede servir a su vez de objeto (dependiendo de la experiencia realizada) para una lente delgada, siendo por tanto para ésta un objeto real. Hay que tener en cuenta que en los ejemplos con espejos la expresión [1] no es válida y debe sustituirse por:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f'} = \frac{2}{R}$$

donde  $a$  = distancia del espejo al objeto  
 $a'$  = distancia del espejo a la imagen  
 $f'$  = distancia focal (imagen) de la lente  
 $R$  = radio de curvatura del espejo (positivo si es cóncavo y negativo si es convexo)

- 4) Una lente delgada es **convergente** si su distancia focal imagen  $f'$  es positiva, y es **divergente** si dicha distancia es negativa.

Podemos obtener el valor de la distancia focal imagen  $f'$  a través de la expresión [1], sin más que sustituir los valores de  $a$  y  $a'$  (que se pueden determinar experimentalmente). Este método para conocer el valor de  $f'$  se conoce como *método de Gauss*.

Se llama *potencia* de una lente a la inversa de la distancia focal (medida en metros). La potencia se expresa en *dioptrías*( $D$ ) y viene dada por:

$$\phi' (D) = \frac{1}{f' (m)} \quad [2]$$

La determinación de la posición y tamaño de la imagen de un objeto formado por una lente delgada puede hallarse gráficamente de forma sencilla. El método consiste en determinar la intersección de dos rayos procedentes de un mismo punto ya que podemos suponer que todos los demás rayos que salen del mismo punto del objeto (independientemente de su dirección) que pasen por la lente formarán su imagen en el mismo punto imagen (trabajando en el dominio de la Óptica Paraxial).

Para ello utilizaremos 3 rayos (aunque sería suficiente con dos) cuyo trazado es fácil de determinar:

1. *Rayo paralelo al eje.* Después de refractarse en la lente, este rayo debe pasar por el foco imagen  $f'$  (punto situado sobre el eje óptico y a una distancia de la lente delgada igual a la distancia focal  $f'$ ). Si la lente es divergente, es la prolongación del rayo la que pasa por el foco imagen  $f'$  (ya que el foco imagen en una lente divergente está a la izquierda de la lente).
2. *Rayo que pasa por el foco objeto  $f$  de una lente* (el foco objeto en una lente delgada está situado a la misma distancia de la lente que el foco imagen, pero al otro lado de la misma). Después de refractarse en la lente, este rayo debe emerger paralelamente al eje de la lente (eje óptico).
3. *Rayo que pasa por el centro de la lente delgada:* este rayo no se desviará al atravesar una lente delgada.

Con la ayuda de estos rayos, siempre es posible hallar gráficamente la imagen de un objeto a través de una lente delgada o conjunto de lentes delgadas. En la figura 1 se ha trazado la marcha de rayos correspondiente a un objeto situado a la izquierda de una lente convergente y a una distancia mayor que la distancia focal  $f'$ .

En la figura 2 se ha trazado la marcha de rayos correspondiente a un objeto situado frente a una lente divergente a una distancia menor que el foco imagen.

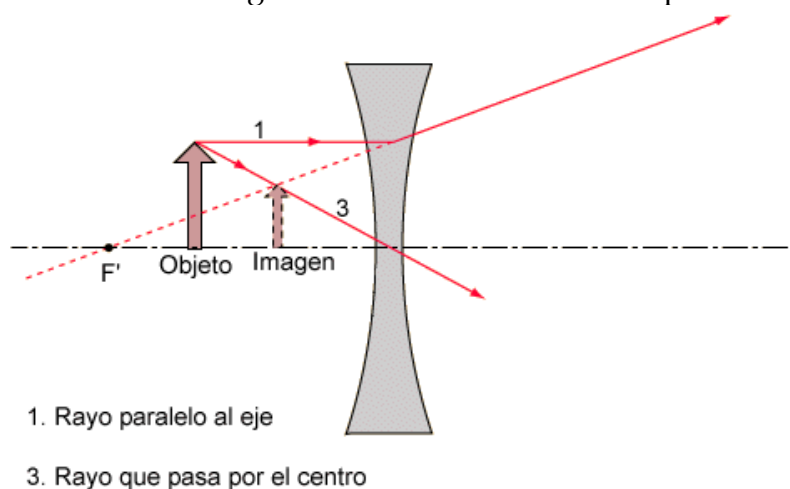
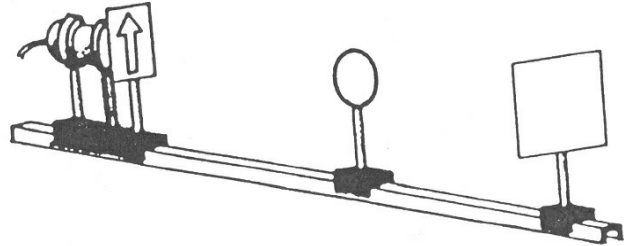


Figura 2

## MÉTODO:

Se utilizará un banco óptico, una fuente de luz, un diafragma, un objeto (con forma de flecha), una pantalla y dos lentes delgadas (una convergente y otra divergente).

El **banco óptico** consta de una base de aproximadamente un metro de longitud con una ranura en su parte central, donde se situarán las componentes ópticas sobre soportes (ver figura) y una escala milimétrica para medir distancias relativas.



Sobre uno de los soportes existe una lámina metálica, en la que se ha practicado una pequeña abertura en forma de flecha, que constituye el **objeto real** cuando se ilumina desde atrás mediante una bombilla unida a un soporte.

El diafragma circular, sirve para limitar los haces de luz que parten del objeto, evitando luces parásitas que puedan distorsionar la imagen recogida en pantalla y asegurándonos que trabajamos en el dominio de la Óptica Paraxial (recuerde: ángulos pequeños). Para ello se situará entre el objeto y la lente.

La **imagen** producida por el sistema óptico se formará sobre una pantalla (sólo en el caso de que se trate de una imagen real).

Las **lentes convergente y divergente** (cuyas distancias focales habrá que determinar) se situarán en el banco óptico, dependiendo de la experiencia que se tenga que realizar.

Antes de comenzar cualquier experiencia, debe tener la precaución de alinear previamente el sistema óptico, de modo que la incidencia de rayos sea normal al objeto y a la altura adecuada. Además, la disposición de las lentes ha de ser tal que sus centros estén alineados entre sí y con el objeto.

### Determinación de la distancia focal de la lente convergente:

Se sitúan las componentes ópticas y la lente convergente en situación similar a la que se muestra en la figura 1.

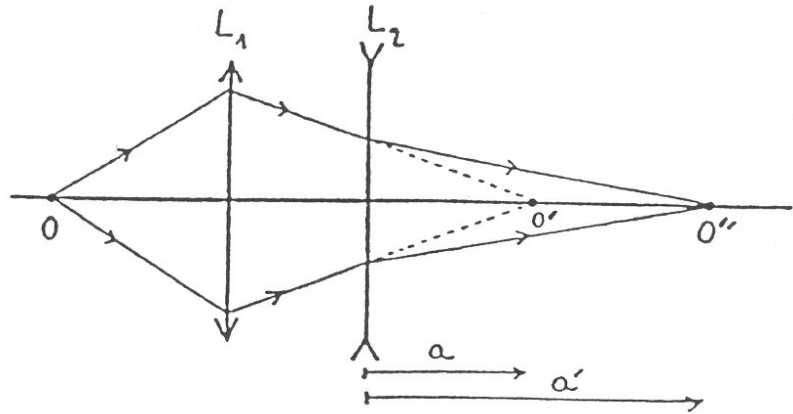
Fijada la pantalla y moviendo la lente (o viceversa), podrá formar la imagen nítida del objeto sobre la pantalla. Para llegar a este punto de la práctica, debe tener en cuenta ciertas consideraciones:

- Si la distancia objeto-lente fuese menor que la distancia focal de la lente la imagen sería virtual (¿por qué?) y no la podríamos observar en pantalla.
- Si el sistema no está correctamente alineado, a medida que alejemos la pantalla del objeto, la imagen no se formará en la pantalla o no se observará nítidamente

A partir de los valores de  $a$  y  $a'$  se puede obtener el valor de la distancia focal de la lente convergente utilizando la expresión [1]. Determine la distancia focal y la potencia de la lente.

Determinación de la distancia focal de la lente divergente:

Para el cálculo de la distancia focal de la lente divergente se puede emplear el método anterior con alguna modificación. Si delante de una lente divergente situamos un objeto real, la imagen es siempre virtual (¿por qué?) y por tanto no la podremos recoger en pantalla. A fin de resolver este problema y conseguir una imagen final real, tenemos que conseguir trabajar con un objeto virtual, lo cual puede conseguirse mediante la lente convergente (a la que previamente le hemos calculado su distancia focal), como se muestra en la figura.



Coloquemos en un extremo del banco el objeto y seguidamente la lente convergente de modo que se forme su imagen real, que localizamos con ayuda de la pantalla (que no deberá estar situada al final del banco). Seguidamente situaremos la lente divergente entre la convergente y la pantalla (cercana a ésta última). La imagen que genere esta lente divergente habrá que enfocarla moviendo la pantalla. Aplicamos de nuevo la ecuación de Gauss (expresión [1]) a la lente divergente para obtener el valor de la distancia focal imagen de la lente divergente.

Determine la distancia focal de la lente divergente y su potencia.

Demuestre que la distancia focal puede expresarse también como (teniendo en cuenta que estos  $a$  y  $a'$  no tienen aquí el mismo significado que al principio de la práctica)

$$f' = \frac{aa'}{a - a'}$$

Para finalizar, use papel milimetrado y para ambas lentes (utilizando las distancias focales calculadas), determine la distancia a la que se forma la imagen de un objeto situado en una de las posiciones utilizadas en la realización práctica. Compruebe que, gráfica y analíticamente, obtiene resultados similares.

## CUESTIONES:

1. Muestre mediante un trazado de rayos que si tenemos una lente convergente y situamos el objeto real a una distancia de la lente menor que la distancia focal de la lente la imagen que se forma es virtual.
2. Muestre mediante un trazado de rayos que la imagen de un objeto real a través de una lente divergente es **siempre** virtual. Analice los distintos casos.
3. Resuma en una tabla el tipo de imagen obtenida (más pequeña o más grande, directa o invertida, real o virtual) para las distintas experiencias realizadas.