

# -21-

## POTENCIA DE LENTES DELGADAS

### OBJETIVO

Determinación de la distancia focal y de la potencia de lentes delgadas.

### MATERIAL

- Banco óptico con regla graduada.
- Lámpara con fuente de alimentación.
- Diapositiva, diafragma circular y difusor (vidrio esmerilado).
- Lente convergente, lente divergente, pantalla y espejo.

### FUNDAMENTO Y MÉTODO

Una lente es un medio transparente limitado por dos superficies de las cuales al menos una es curva. Una onda incidente sufre dos refracciones al pasar a través de la lente. Una lente delgada es una lente cuyo grosor es pequeño comparado con los radios de curvatura de sus superficies.

Hay dos tipos de lentes: convergentes y divergentes. Las lentes convergentes son más gruesas en el centro que en el borde y las divergentes son más delgadas en la parte central.

Los rayos luminosos se acercan entre sí tras atravesar una lente convergente, mientras que se separan si la lente es divergente.

- **El foco objeto ( $F$ )** es el punto objeto del eje óptico cuya imagen se forma en el infinito. Los rayos que pasan por  $F$ , saldrán paralelos al eje tras atravesar la lente. La distancia de  $F$  a la lente se llama distancia focal objeto.
- **El foco imagen ( $F'$ )** es aquel en el que se encuentra la imagen de un objeto situado en el infinito. La distancia de  $F'$  a la lente se llama distancia focal imagen. (véase la Figura 1).

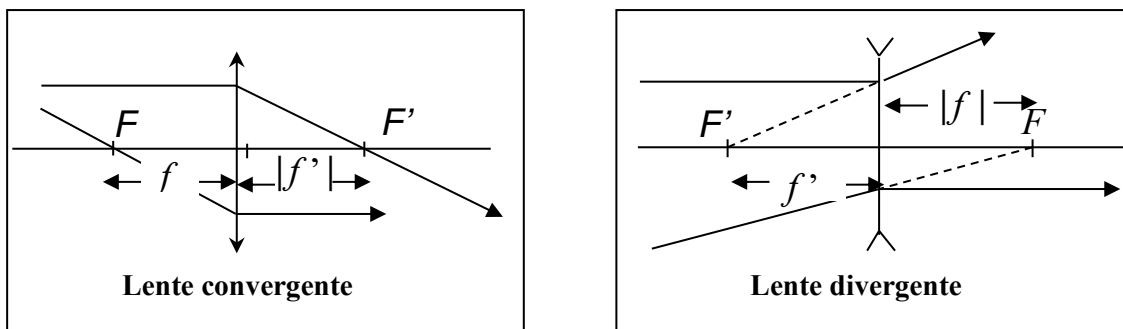


Figura 1. Trayectoria de los rayos en lentes convergentes y divergentes.

Seguiremos el convenio americano de signos en el que la focal objeto de la lente convergente es positiva y la de la lente divergente negativa (las focales imagen tienen

signo opuesto). Las distancias focales objeto e imagen son iguales en valor absoluto ( $|f| = |f'|$ ) para cada lente y su inversa recibe el nombre de **Potencia de la lente**, cuyo valor en el SI se expresa en dioptrías ( $m^{-1}$ ).

$$p = \frac{1}{|f|}$$

## 1.- Determinación de la distancia focal y potencia de una lente convergente.

### 1.1 Método de Gauss.

Con este método se trata de determinar la distancia focal,  $f$ , de una lente convergente usando la imagen directa que forma de un objeto (véase la Fig. 2). Delante de la lente convergente **-LC-** se coloca un objeto **-O-** (que en nuestro caso es una diapositiva iluminada por la lámpara) a una distancia  $s$  mayor que la distancia focal.

Colocaremos el difusor entre la diapositiva y la fuente de luz para conseguir una iluminación uniforme del objeto, que ajustaremos al cero de la escala graduada. Situaremos la pantalla a una distancia  $d$  del objeto e iremos moviendo la lente a lo largo del banco hasta que veamos nítida la imagen del objeto sobre la pantalla. La primera imagen obtenida estará invertida y será de mayor tamaño que el objeto. Llamaremos  $s$  a la distancia del objeto a la lente y  $s'$  a la distancia de la lente a la pantalla (Fig. 2). Si continuamos moviendo la lente observaremos que se forma una segunda imagen nítida, también invertida, pero de menor tamaño.

El valor de la distancia focal  $f$  de dicha lente puede calcularse mediante la relación:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{s} + \frac{1}{d-s} \quad (1)$$

Debe usarse la segunda expresión para el cálculo de la incertidumbre porque  $s$  y  $d$  son medidas directas, por tanto, independientes, mientras que  $s'=d-s$  y  $s$  son dependientes.

Todos los objetos que colocamos sobre el banco óptico tienen una marca blanca en su base para determinar su posición. Las marcas de la lente y de la pantalla nos indican directamente los valores de  $s$  y  $d$  respectivamente. En el caso del objeto (diapositiva), la marca blanca corresponde a la posición del filamento de la lámpara, por lo que ajustaremos la posición de la diapositiva al cero de la escala usando una escuadra (la pantalla puede servirnos para este fin).

**Normas DIN:** En algunos textos, la ecuación de Gauss (1) se escribe en la forma  $1/f' = 1/s' - 1/s$ . Esto se debe a que se usa un criterio de signos en el que las distancias a la izquierda de la lente se consideran negativas y las distancias a la derecha positivas ( $s < 0$ ,  $s' > 0$ ,  $f < 0$ ,  $f' > 0$ ).

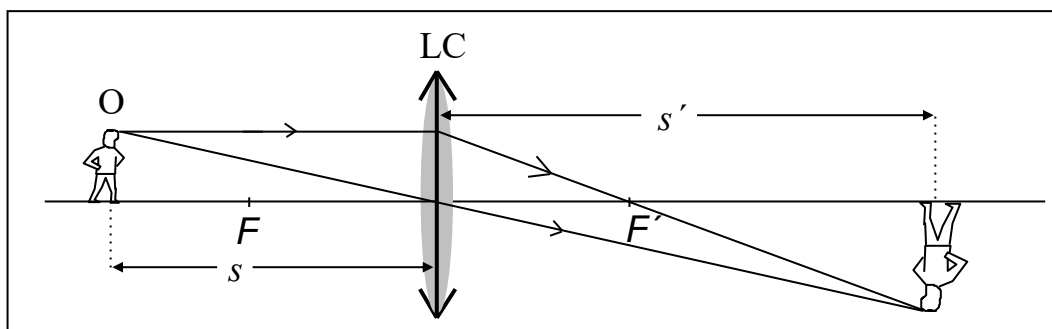


Figura 2: Esquema de la formación de imagen por una lente convergente

Una vez que hayamos ajustado el objeto en la posición cero ( $\pm 0,1$  cm), colocaremos la pantalla en una posición fija  $d$  ( $\pm 0,1$  cm). Véase nota final.

Para determinar  $s$  y  $\Delta s$ , iremos moviendo la lente de izquierda a derecha hasta obtener una imagen nítida sobre la pantalla. Ello se debe a que en general la precisión de esta medida está dominada por la agudeza visual del observador que consideramos como un error sistemático. Por ello vamos a determinar la incertidumbre sistemática de  $s$  midiendo directamente los extremos del intervalo en el que vemos nítida la imagen. El extremo inferior será el valor de  $s$  donde empezamos a ver la imagen nítida y el extremo superior el valor de  $s$  donde deja de ser nítida. A partir de los extremos del intervalo habrá que determinar el valor medio,  $s$  y su incertidumbre  $E_s$  a la que habrá que sumar la incertidumbre de precisión de la regla del banco óptico.

Determinaremos  $s$  y  $\Delta s$  para cada uno de los 3 valores de  $d$  indicados en la hoja de resultados. A partir de estos valores calcularemos la distancia focal y la potencia de la lente, así como sus respectivas incertidumbres. El mejor valor será el que tenga menor incertidumbre relativa.

## 1.2 Método de autocolimación.

Este método utiliza un espejo plano para determinar la distancia focal de la lente convergente. Ahora, sin retirar el difusor, sustituimos la diapositiva por un diafragma circular de diámetro  $-D-$ . De la definición de *foco objeto* se deduce que, si colocamos la lente convergente a una distancia  $f$  del diafragma y a continuación el espejo plano  $-E-$  perpendicular al eje de la lente (como se indica en la Fig. 3), se formará sobre el diafragma una imagen nítida del orificio circular de éste, el cual en este caso actúa como objeto. Si la imagen se formara exactamente sobre el orificio, no podríamos verla, por lo que será necesario desplazar ligeramente el diafragma perpendicularmente al eje óptico. Iremos moviendo la lente desde el diafragma hacia la derecha hasta que la imagen producida por los rayos reflejados en el espejo se forme nítidamente sobre el mismo plano del orificio y sea del mismo tamaño que éste. La distancia de la lente al diafragma en esa situación es *la distancia focal*.

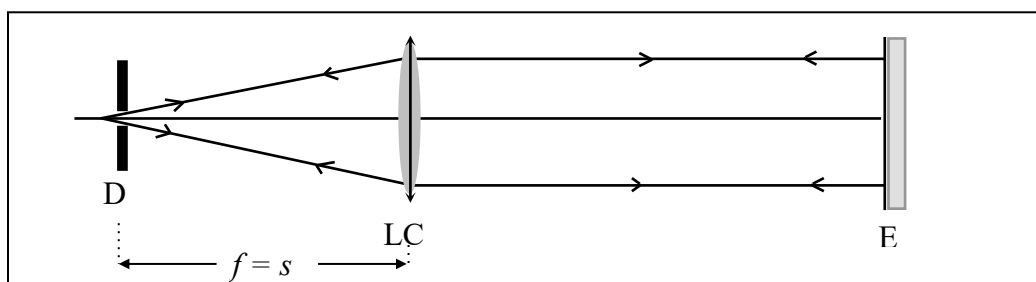


Figura 3. Montaje para el cálculo de la distancia focal por el método de autocolimación.

Realizaremos cinco veces la experiencia retirando la lente y volviendo a colocarla. Obtendremos los valores más probables de la distancia focal y de la potencia de la lente (con sus incertidumbres). Compárense estos resultados con los obtenidos por el método de Gauss.

**Nota:** Antes de realizar las medidas debe ajustarse el diafragma a la posición 0 del banco.

## 2.- Determinación de la focal y la potencia de una lente divergente.

Una lente divergente no puede formar la imagen de un objeto en una pantalla. Por

ello, para calcular su distancia focal, nos ayudaremos de la lente convergente **-LC-** situada, como en el apartado 1.2, a una distancia del diafragma igual a su distancia focal. De esta forma, conseguimos un haz de rayos paralelos de diámetro  $d$  (el de la lente) que, tras atravesar la lente divergente **-LD-**, se proyecta en la pantalla **-P-** con un diámetro  $d'$ , tal y como se indica en la Figura 4. De la semejanza de los triángulos  $F'AB$  y  $F'CE$  se deduce:

$$|f| = \frac{e \cdot d}{d' - d} = f' \quad (2)$$

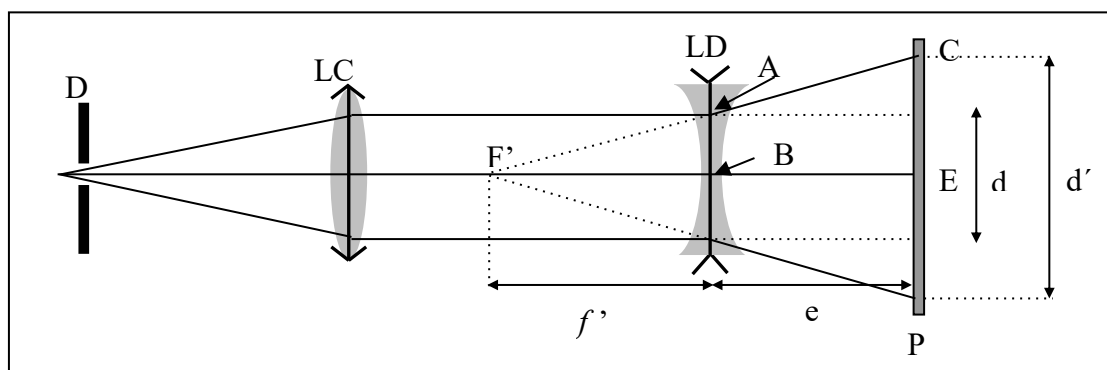


Figura 4. Montaje para la determinación de la distancia focal de una lente divergente.

Comenzaremos colocando la lente divergente en una posición fija y con un valor redondo (20 cm, 30 cm, etc.) para poder calcular  $e$  más fácilmente. A continuación iremos moviendo la pantalla hasta conseguir que la imagen se ajuste a los círculos dibujados sobre la misma. Una vez que hayamos medido tres valores de  $e$ , mediremos con una regla los correspondientes diámetros  $d'$ . Tomaremos  $d = 4,0 \pm 0,1$  cm

Determinaremos la focal y la potencia de la lente divergente con sus respectivas incertidumbres a partir de cada par de valores de  $e$  y  $d'$ . De los tres valores obtenidos elegiremos el de mejor precisión.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Indique en la hoja de datos y resultados los datos experimentales tomados y calcule la distancia focal y la potencia de la lente convergente para cada una de las distancias  $d$  indicadas en la hoja. Indique también el valor más preciso de  $f$  y  $p$ .
2. Para el método de autocolimación, calcule el valor más probable de la distancia focal y la potencia de la lente así como sus incertidumbres aleatoria y total.
3. Proceda como en el primer apartado para el caso de la lente divergente. En este caso, muestre en una tabla las medidas experimentales de  $e$  y  $d'$  así como las correspondientes distancias focales  $|f|$  y sus incertidumbres.
4. Analice la precisión de los resultados, indicando los resultados en %.
5. Estudie la compatibilidad de los valores de la distancia focal de la lente convergente por el método de Gauss y el de autocolimación.

**Nota:** La incertidumbre sistemática de precisión,  $\theta$ , es del orden de 0,1 cm, pero debe tenerse en cuenta que el cero también lleva asociada una incertidumbre  $\theta$ , por lo que podemos tomar para las medidas directas de distancias un valor de 0,14 cm.