

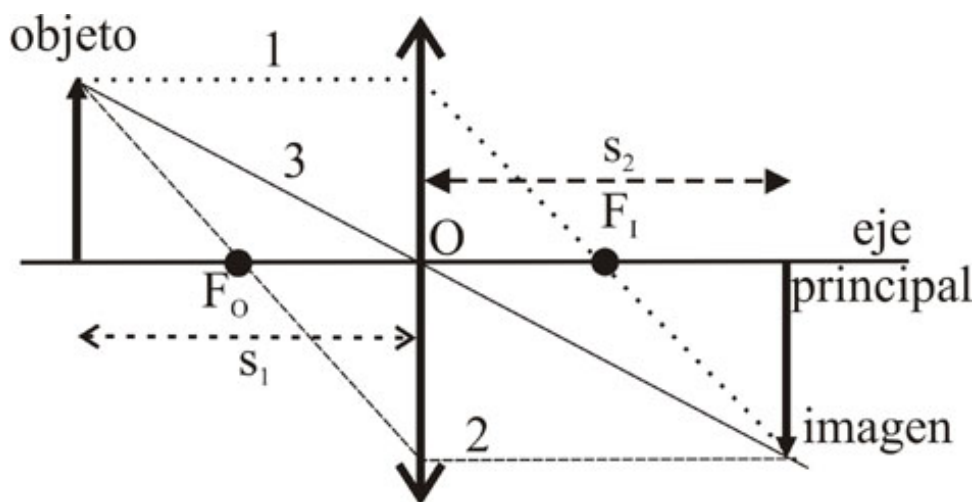
Distancia focal de una lente convergente (método del desplazamiento)

Fundamento

En una lente convergente delgada se considera el *eje principal* como la recta perpendicular a la lente y que pasa por su centro. El corte de esta línea con la lente determina *el centro óptico* (O, en la figura 1) A ambos lados de la lente y sobre el eje óptico, existen dos puntos llamados focos de la lente. Si la luz incide de izquierda a derecha el foco situado a la izquierda de la lente se denomina *foco objeto* F_0 y el situado a la derecha *foco imagen* F_1 . En valor absoluto, las distancias del centro óptico a los focos son iguales y se denominan respectivamente *focal objeto* y *focal imagen*. (ver fig.1)

La propiedad de estos focos y la del centro óptico, es que un rayo luminoso que incide por la izquierda paralelo al eje principal después de atravesar la lente pasa por el foco imagen (rayo 1) Un rayo que corte al eje principal por el foco objeto después de atravesar la lente sale paralelo al eje óptico (rayo 2). Un rayo que atraviese el eje óptico por el centro de la lente no sufre desviación (rayo 3).

Fig.1



En la figura 1 se ha construido la imagen de un objeto a partir de la marcha de los tres rayos citados. Las distancias del centro óptico al objeto se designan por s_1 y a la imagen por s_2 y la distancia focal imagen OF_1 por f' .

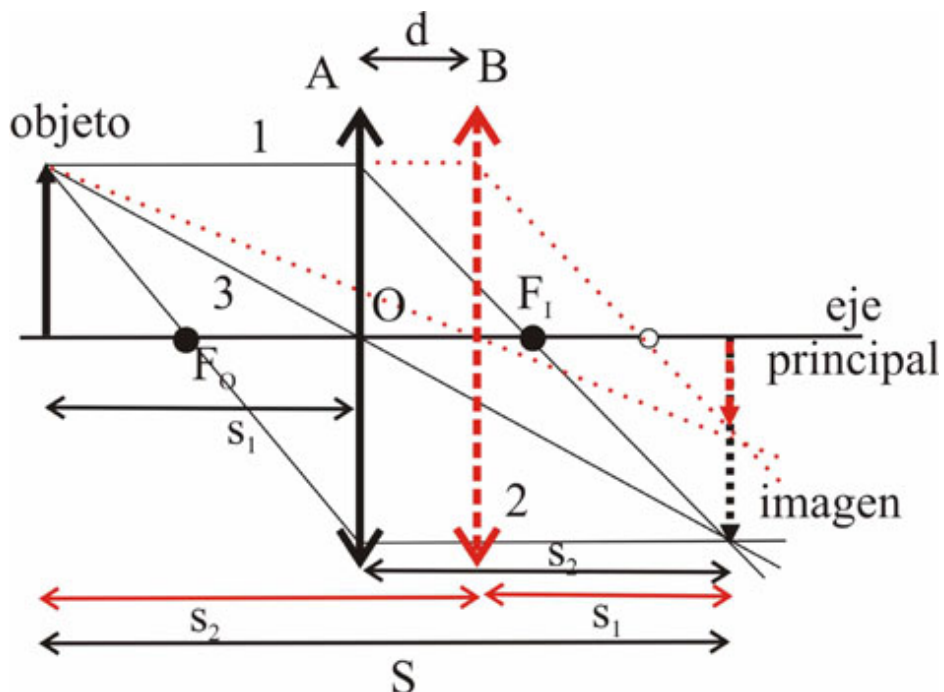
La ecuación matemática que relaciona las anteriores magnitudes se llama ecuación de la lente delgada

$$-\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} = \frac{1}{f'} \quad (1)$$

Al aplicar esta ecuación con valores numéricos se conviene: a) que la luz incida de izquierda a derecha b) que las distancias contadas desde el centro óptico son positivas hacia la derecha y negativas a la izquierda c) las distancias desde el eje óptico hacia arriba de él positivas y hacia abajo negativas.

La ecuación (1) nos indica que si el objeto lo colocamos a una distancia s_2 la imagen se forma a una distancia s_1 , en otras palabras la ecuación (1) sería la misma. La figura 2 nos indica cómo son las marchas de los rayos en ambos casos

Fig.2



En el primer caso A, se coloca la lente a la distancia s_1 del objeto, siendo s_2 la distancia imagen. En el segundo caso B, la lente se desplaza una distancia d , de modo que ahora la distancia objeto es s_2 y la distancia imagen es s_1 . En consecuencia, la distancia del objeto a la pantalla es S en los dos casos. La imagen que se recoge en la pantalla, en el primer caso es de mayor tamaño que el objeto, mientras que en el segundo caso la imagen es más pequeña.

De la observación de la fig. 2 se deduce que: $-s_1 + s_2 = S$, y que $d = s_2 - (-s_1) = s_1 + s_2$. Es importante darse cuenta que en estas expresiones cuando se utilizan con valores numéricos, éstos son negativos cuando desde O se mide hacia la izquierda y positivos cuando se mide hacia la derecha. De las dos ecuaciones anteriores se deduce:

$$S + d = 2s_2 \Rightarrow s_2 = \frac{S + d}{2} \quad \text{y} \quad S - d = -2s_1 \Rightarrow s_1 = -\frac{S - d}{2}$$

Llevando estas relaciones a la ecuación (1)

$$-\frac{1}{\frac{S-d}{2}} + \frac{1}{\frac{S+d}{2}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{2}{S-d} + \frac{2}{S+d} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{2S + 2d + 2S - 2d}{S^2 - d^2} = \frac{1}{f'} \Rightarrow 4Sf' = S^2 - d^2$$

La última ecuación nos indica que si se obtienen una serie de valores de S y d , al representar $S^2 - d^2$ en el eje Y frente a $4S$ en el eje X, se obtiene una línea recta de ordenada en el origen nula y pendiente igual a la distancia focal imagen.

El experimento que se propone está basado en el anterior fundamento y para ello se dispone una serie de elementos en la forma que a continuación se indican.

El objeto es una flecha hecha a mano (fig. 3), la cual está atravesada por dos hilos perpendiculares entre sí y cuya finalidad es que se puede recoger la imagen en la pantalla con la mayor precisión posible.

Fig.3



La lente es delgada y convergente con la indicación +10.(fig.4)

Fig.4



El objeto no es luminoso por sí mismo por lo que se necesita enviarle un haz de rayos luminosos paralelo, lo cual se consigue mediante un foco y una lente convergente, ambos, junto con el objeto, se colocan sobre un banco óptico (fig. 5)

Fig.5

El montaje de todo el dispositivo puede observarse en la fotografía en perspectiva de la figura 6

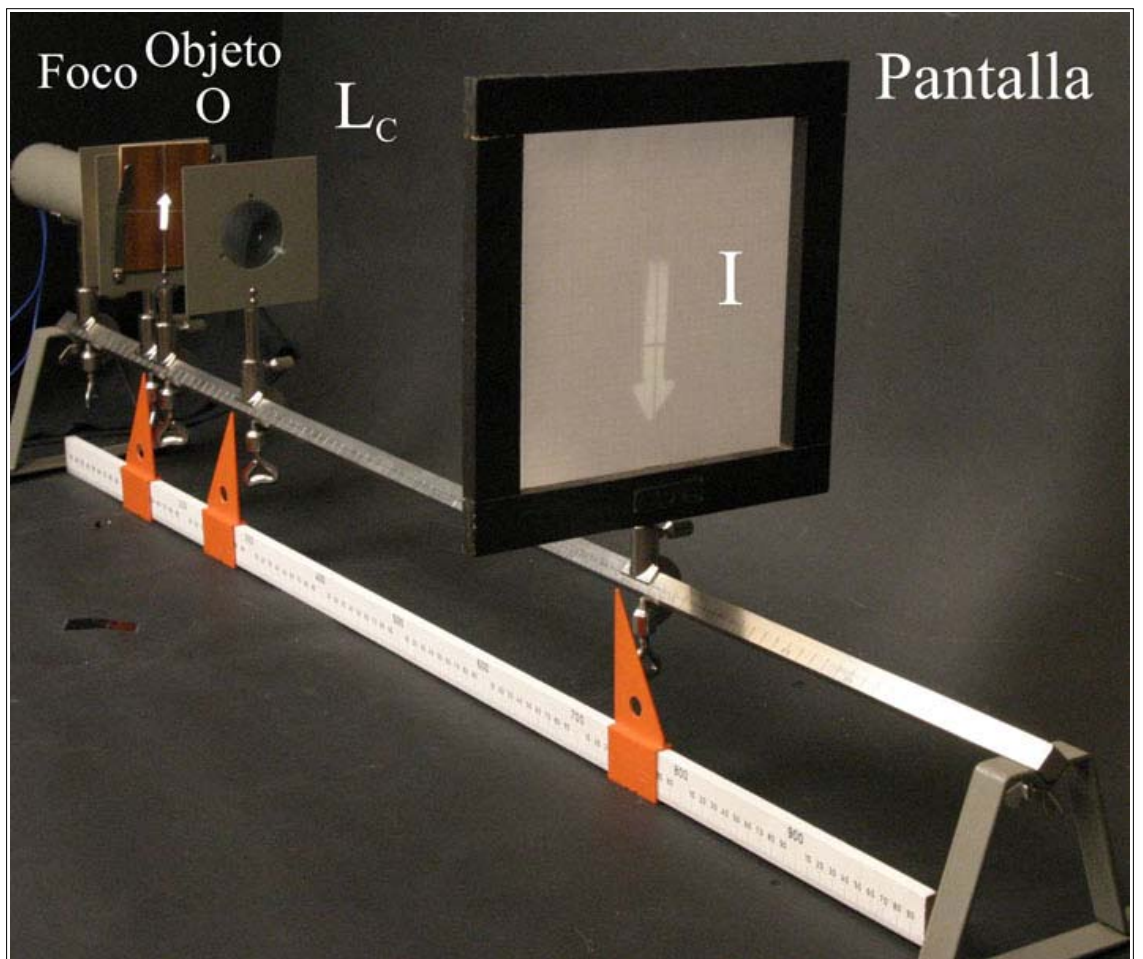
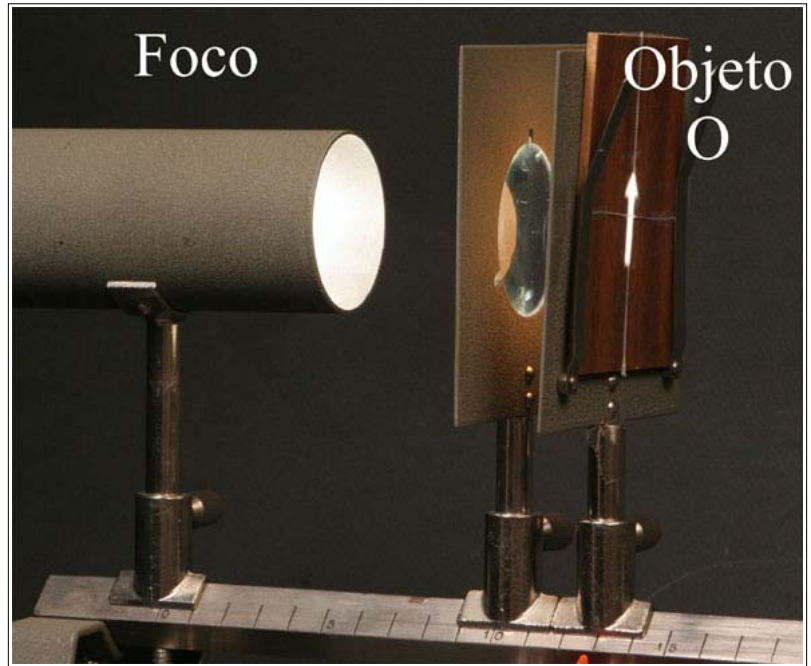


Fig.6

En la fotografía de la figura 7, puede verse el dispositivo visto de frente cuando la lente ocupa la posición A indicada en la figura 2 y en la fotografía de la fig. 8, cuando la lente se ha desplazado una distancia d hacia la derecha.

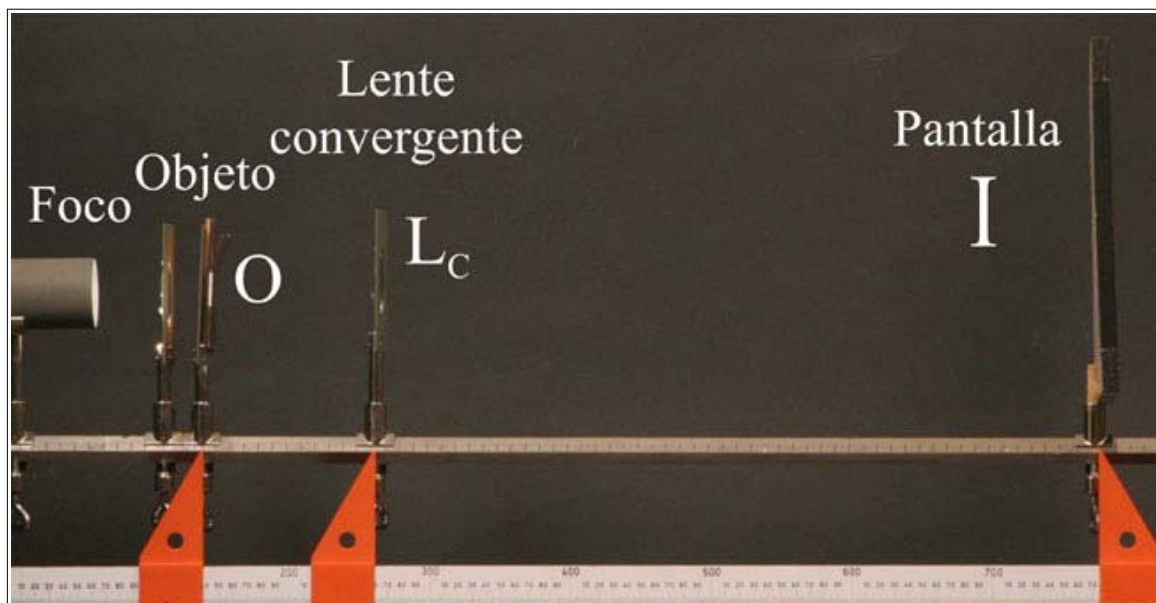


Fig. 7

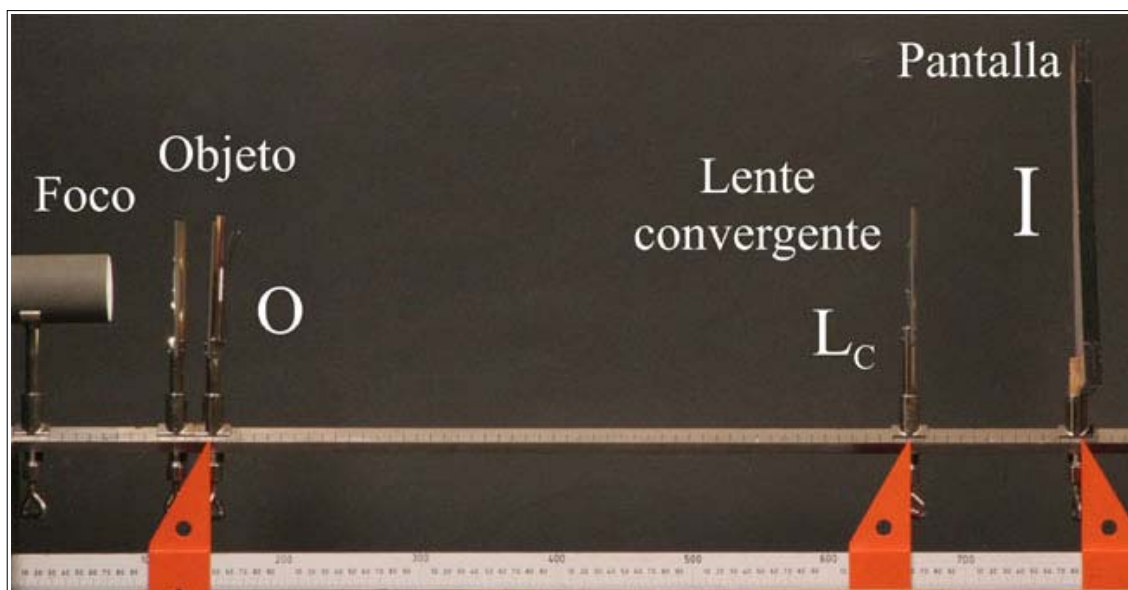


Fig. 8

La regla con sus índices nos servirá para determinar los valores de S y d . El índice de la izquierda marca la posición del objeto, el del centro la posición de la lente y el de la derecha la de la pantalla donde se recoge la imagen.

Medidas

Las siguientes fotografías (fotografías de 1 a 7 para toma de datos) sirven para medir las distancias S y d . Para cada medida, aparecen dos fotografías llamadas primera y segunda. La primera corresponde a la posición A de la figura 2 y la segunda a la posición B de la figura 2.

A partir de la fotografía primera se anota la distancia entre el objeto y la pantalla S_1 y entre el objeto y la lente d_1 y en la fotografía segunda se anota la distancia entre el objeto y la pantalla S_2 y el objeto y la nueva posición de la lente d_2 . Esas distancias se miden con ayuda de los índices. Dado que necesitamos valores reales, es necesario utilizar **en cada una de las fotocopias** un factor de escala. Para ello sobre la regla se han marcado dos rayas perpendiculares que ocupan, por ejemplo las posiciones 200 mm y 800 mm, por lo que, en este caso, el factor de escala es:

$$f_E = \frac{60 \text{ cm reales}}{\text{_____ cm en la fotografía}}$$

Por consiguiente las distancias medidas en las fotocopias se han de convertir en valores reales mediante el factor de escala. Teóricamente S_1 es igual a S_2 , pero en la práctica pueden ser algo diferentes, por lo que se tomará como valor de S la media aritmética de S_1 y S_2 .

La distancia d es igual a la diferencia $d_2 - d_1$. Todos los valores se llevan a la tabla 1 y se completan las columnas que allí se indican.

Fotografías

Fotografía 1 para toma de datos



Foto primera

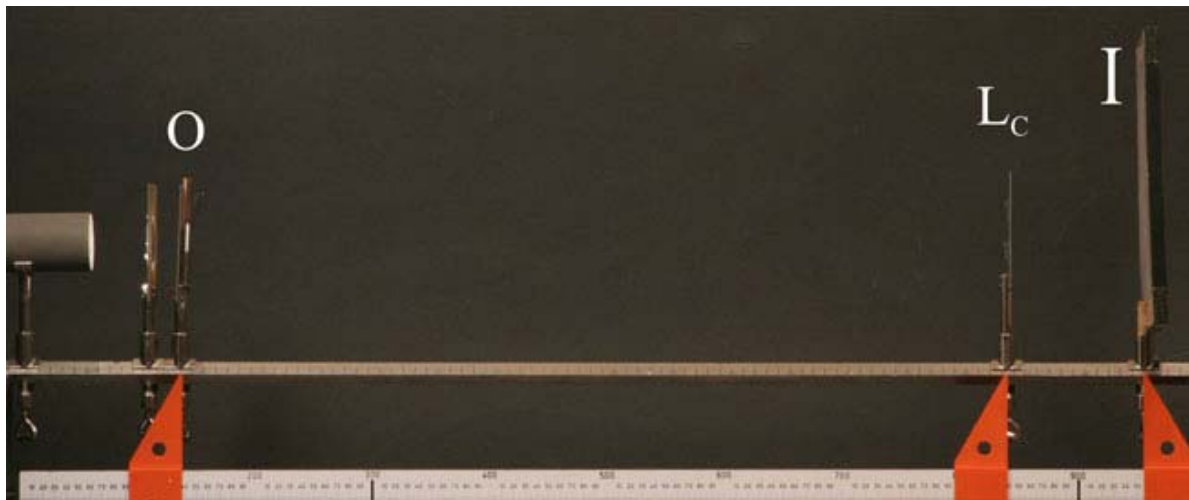


Foto segunda

Fotografía 2 para toma de datos

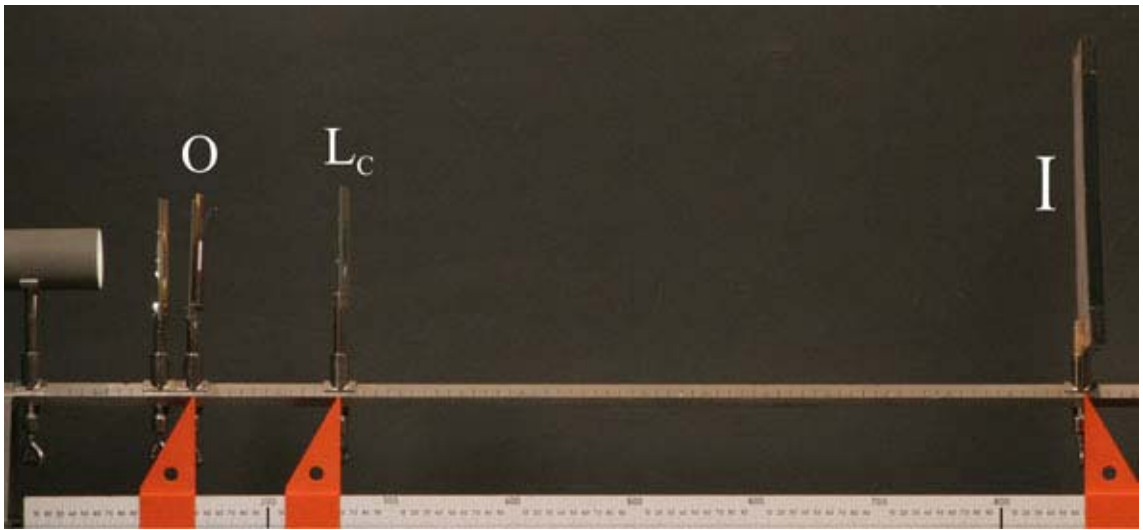


Foto primera

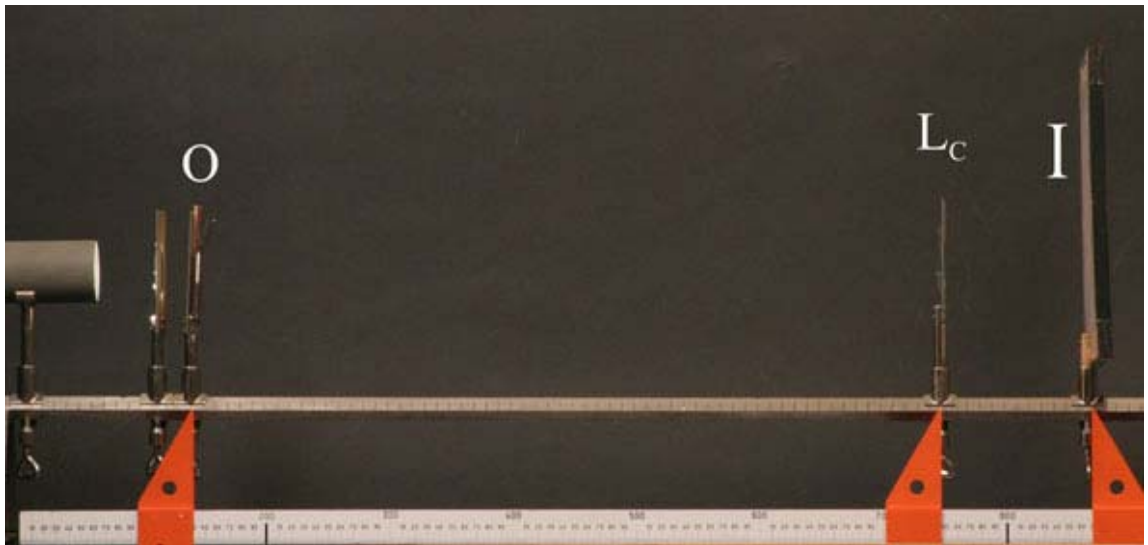


Foto segunda

Fotografía 3 para toma de datos

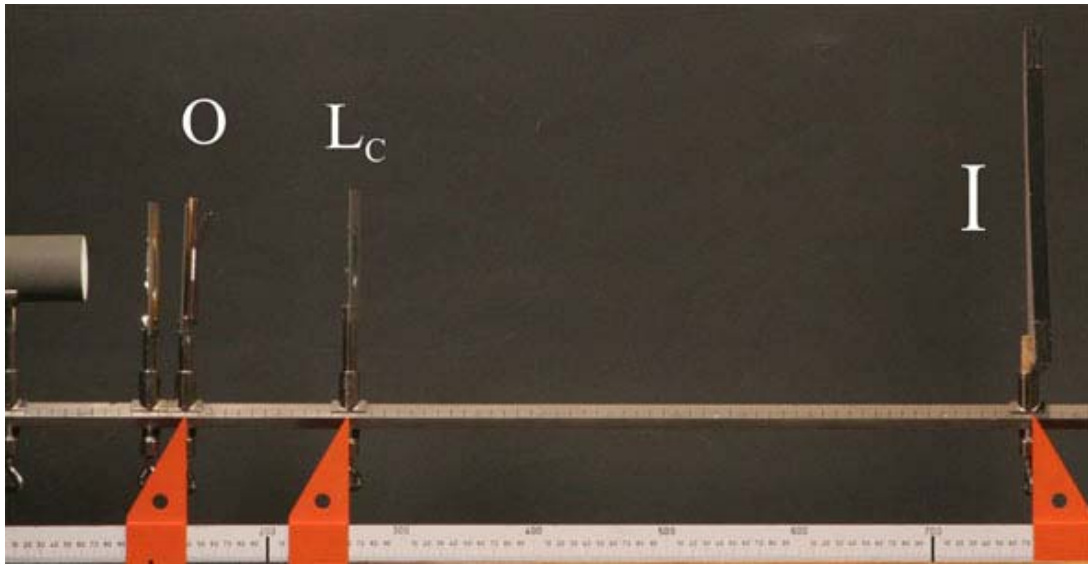


Foto primera



Foto segunda

Fotografía 4 para toma de datos

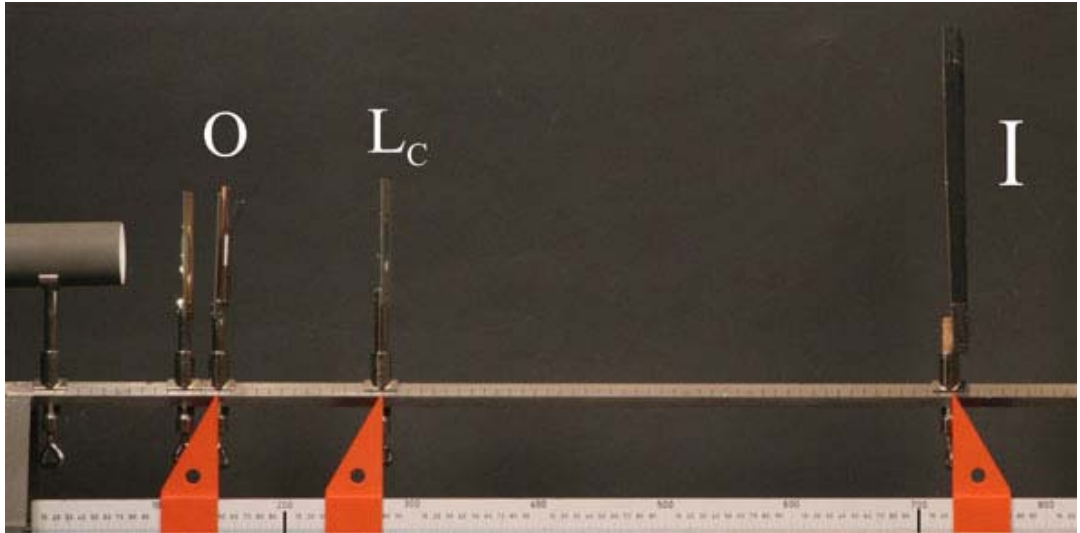


Foto primera

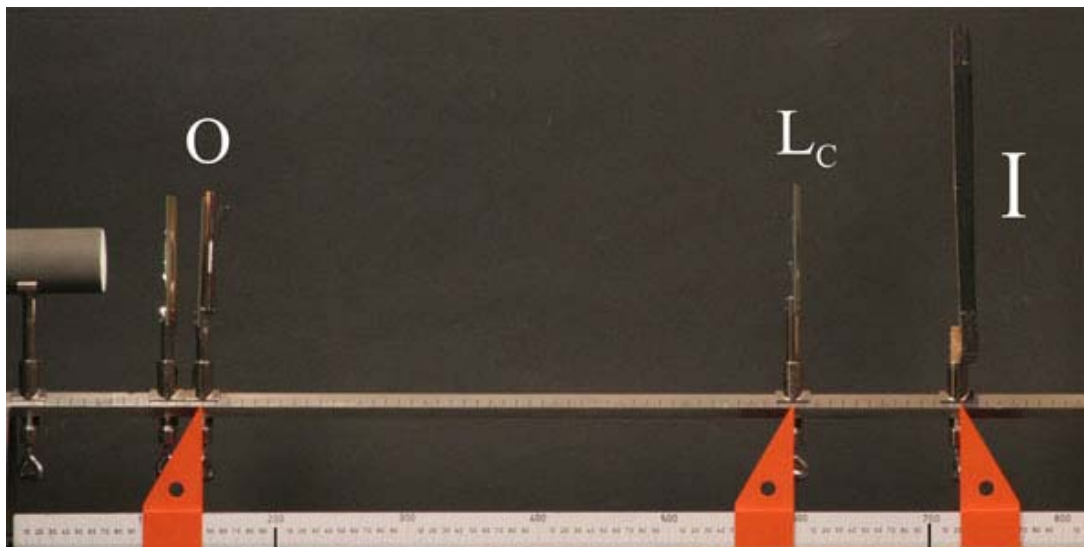


Foto segunda

Fotografía 5 para toma de datos

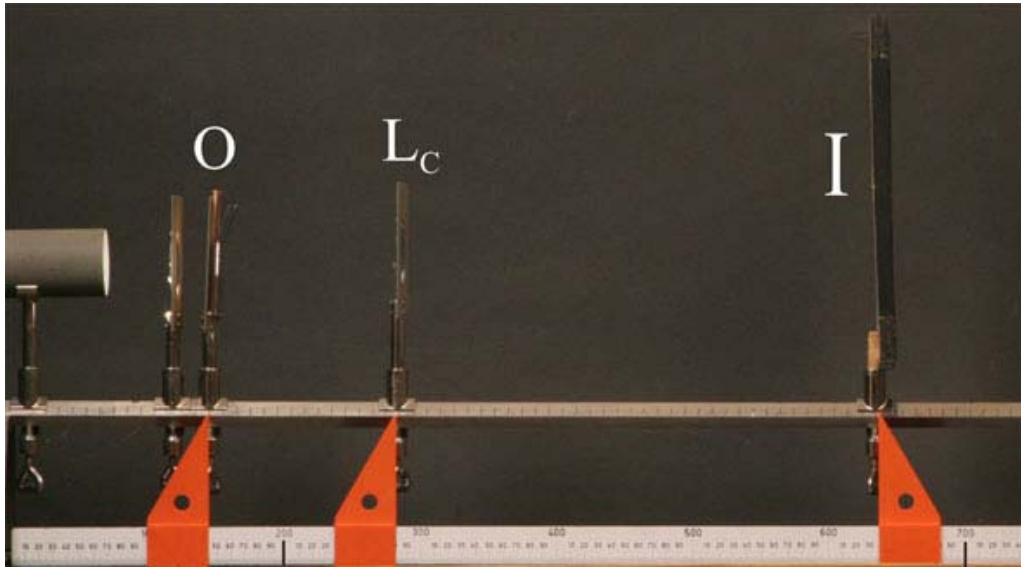


Foto primera

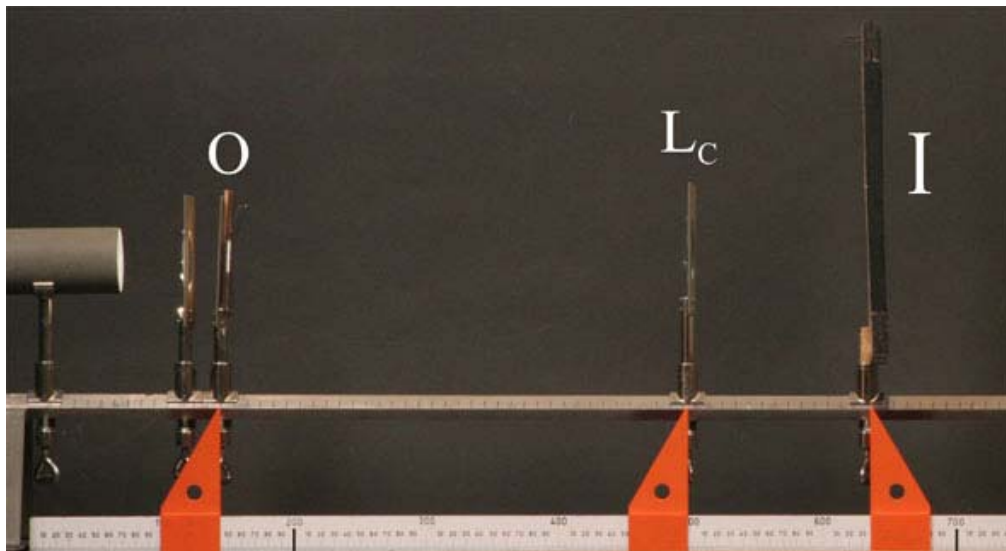


Foto segunda

Fotografía 6 para toma de datos

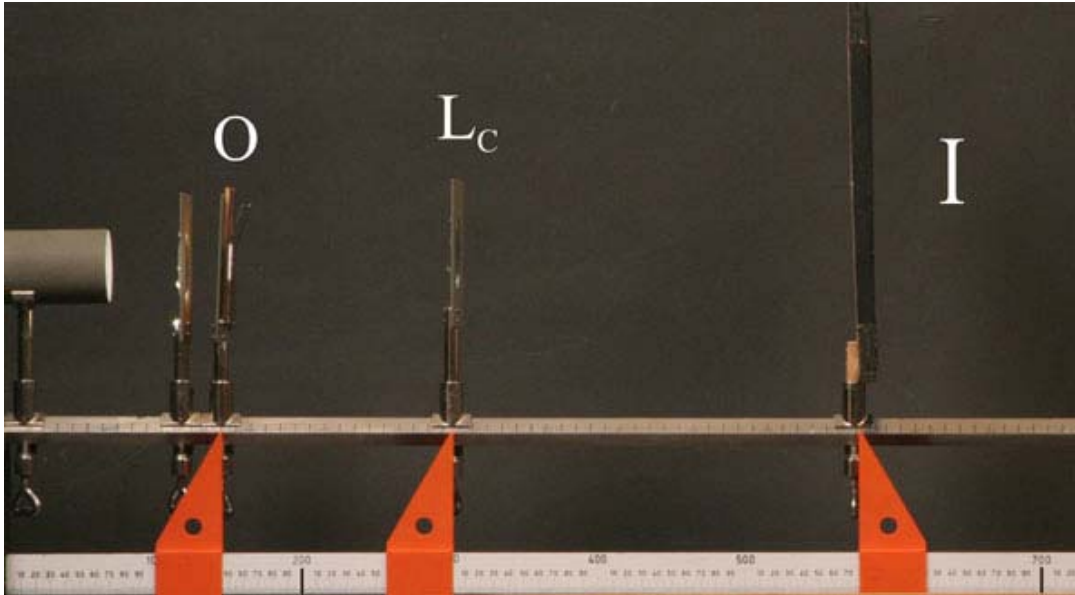


Foto primera

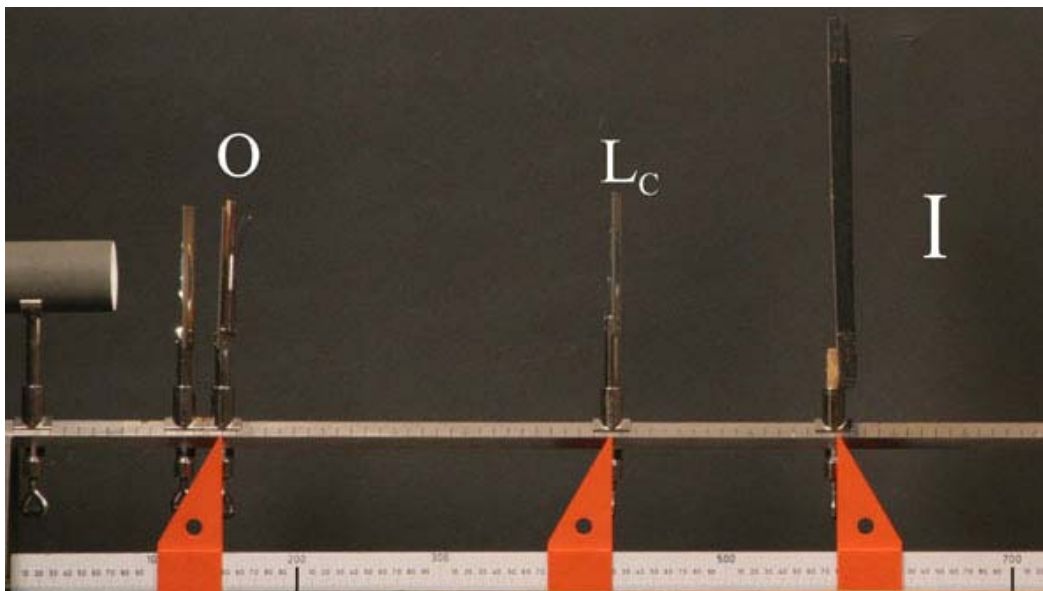


Foto segunda

Fotografía 7 para toma de datos

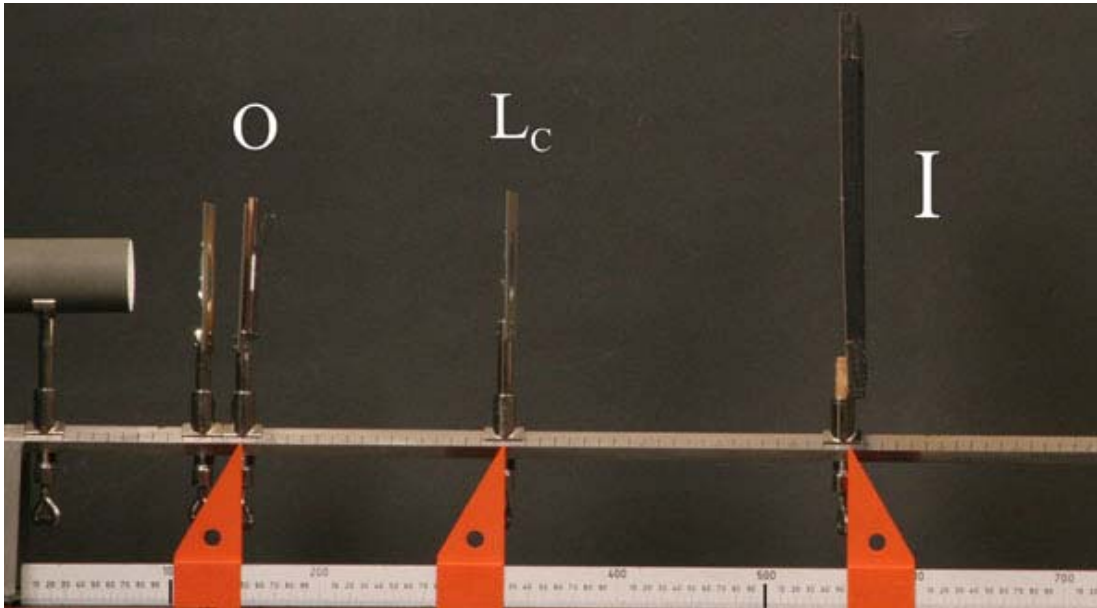


Foto primera

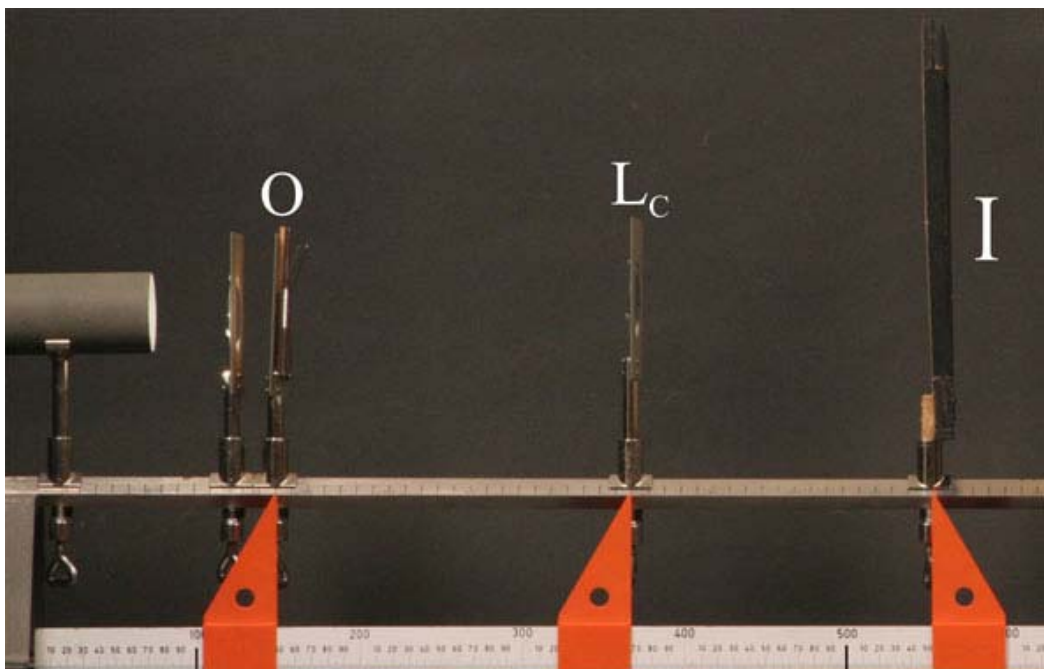


Foto segunda

Complete la tabla 1.

Tabla 1

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| S_1 /cm en fotografía o fotocopia | | | | | | | |
| S_2 /cm en fotografía o fotocopia | | | | | | | |
| Factor de escala, en la primera fotografía, f_{E1} | | | | | | | |
| Factor de escala, en la segunda fotografía, f_{E2} | | | | | | | |
| S_1 real en cm | | | | | | | |
| S_2 real en cm | | | | | | | |
| $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$ en cm | | | | | | | |
| d_1 /cm en fotografía o fotocopia | | | | | | | |
| d_2 /cm en fotografía o fotocopia | | | | | | | |
| d_1 real en cm | | | | | | | |
| d_2 real en cm | | | | | | | |
| d real $d = d_2 - d_1$ en cm | | | | | | | |
| $S^2 - d^2$ en cm^2 | | | | | | | |
| $4S$ en cm | | | | | | | |

Gráficas

1.- Con los valores de la tabla 1, represente en el eje Y ($S^2 - d^2$) y en el eje X ($4S$). Determine la pendiente de la recta y el valor de la distancia focal imagen de la lente.

2.- En el apartado anterior la ordenada en el origen de la recta debe ser cero, pero el ajuste que haya hecho automáticamente la hoja de cálculo dará un valor diferente. Vuelva a hacer la representación del apartado 1 con la hoja de cálculo y ahora obligue a la recta a pasar por el origen de coordenadas. De la ecuación de esta recta, determine el valor de la distancia focal de la lente. Compare los dos valores obtenidos.

3.- Represente en el eje de abscisas S frente a $d_2 - d_1$ en el de ordenadas. Observe la curva y determine aproximadamente el valor de S cuando $d_2 - d_1$ tiende a cero. Estime a partir de ese valor la distancia focal de la lente. Compárela con los obtenidos en los apartados anteriores.

