

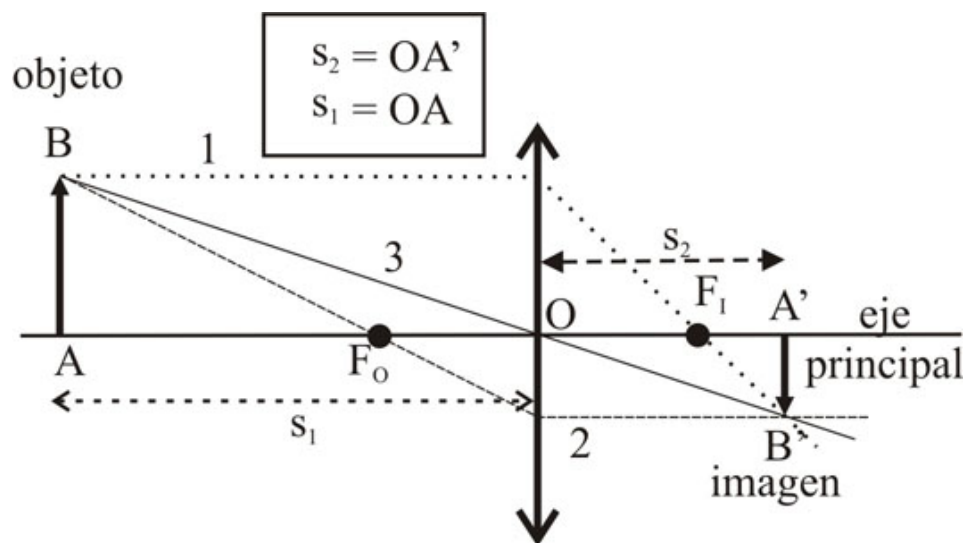
LENTE CONVERGENTE 2: Imágenes en una lente convergente

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*. 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 es la misma y se denomina respectivamente *focal objeto* y *focal imagen*. (ver fig.1)

La propiedad de estos focos 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 dice que si obtenemos una serie de valores de s_1 y s_2 y representamos en el eje Y $\frac{1}{s_2}$

frente a $\frac{1}{s_1}$ se debe obtener una línea recta de pendiente unidad y ordenada en el origen $\frac{1}{f'}$

Si en la ecuación (1) despejamos s_2 .

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

$$-s_2 + s_1 = \frac{s_2 s_1}{f'} = \frac{f' s_1^2}{f' (f' + s_1)} = \frac{s_1^2}{f' + s_1} \Rightarrow y = -s_2 + s_1 = \frac{s_1^2}{f' + s_1} \quad (2)$$

La ecuación (2) es la ecuación de una curva. Si derivamos dy/ds_1 , e igualamos a cero, se obtiene:

$$y' = \frac{(f' + s_1) 2s_1 - s_1^2}{(f' + s_1)^2} = 0 \Rightarrow 2f' s_1 + 2s_1^2 - s_1^2 = 0 \Rightarrow s_1 = -2f'$$

$$y = -s_1 + s_2 = \frac{s_1^2}{f' + s_1} = \frac{(2f')^2}{f' - 2f'} = -4f'$$

Al representar la ecuación (2), esto es, $-s_2 + s_1$ en el eje Y frente a s_1 en el eje X, obtendremos una curva que presentará un máximo o un mínimo cuyas coordenadas son $(-2f'; -4f')$. En consecuencia a partir de la posición de máximo o mínimo podemos estimar la distancia focal de la lente delgada.

Si se designa con y_o el tamaño del objeto y con y_i el tamaño de la imagen y se comparan los triángulos rectángulos OAB y OA'B', (fig.1) se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{y_o}{-y_i} = \frac{-s_1}{s_2} \Rightarrow y_i = y_o \frac{s_2}{s_1} \quad (3)$$

De la ecuación (3) se deduce que al representar el tamaño de la imagen en el eje Y, frente al cociente $\frac{s_2}{s_1}$ en el eje X, se obtiene una línea recta cuya pendiente es el tamaño del objeto.

En el experimento utilizaremos una lente convergente delgada que lleva la inscripción +12 (fig.2) Ese número representa, en centímetros, la distancia focal imagen, proporcionada por el fabricante.

Fig.2



El objeto es una flecha (fig.3) hecha a mano sobre una plancha de madera.

Fig.3

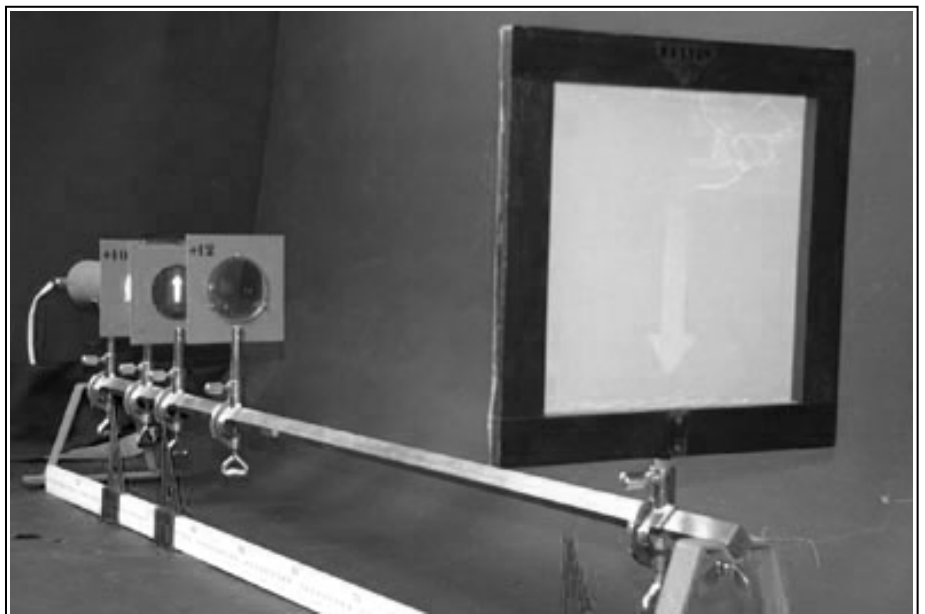
El objeto no es luminoso por sí mismo, por lo que se necesita iluminarlo con una haz de luz paralelo. Para ello se necesita un foco luminoso y una lente convergente y todos ellos se montan sobre un banco óptico. En la figura 4 se observa la disposición de estos elementos.

Fig.4



Para recoger la imagen, proporcionada por la lente $f +12$, se utiliza una pantalla traslúcida. La figura 5 proporciona una vista en perspectiva de todo el montaje.

Fig.5



La fotografía 6 es una vista de frente del montaje y es el tipo de fotografías que se empleará para las medidas de las distancias s_1 y s_2 . Para ello se ha colocado una regla con tres índices que indican respectivamente las posiciones del objeto, de la lente, y de la pantalla.

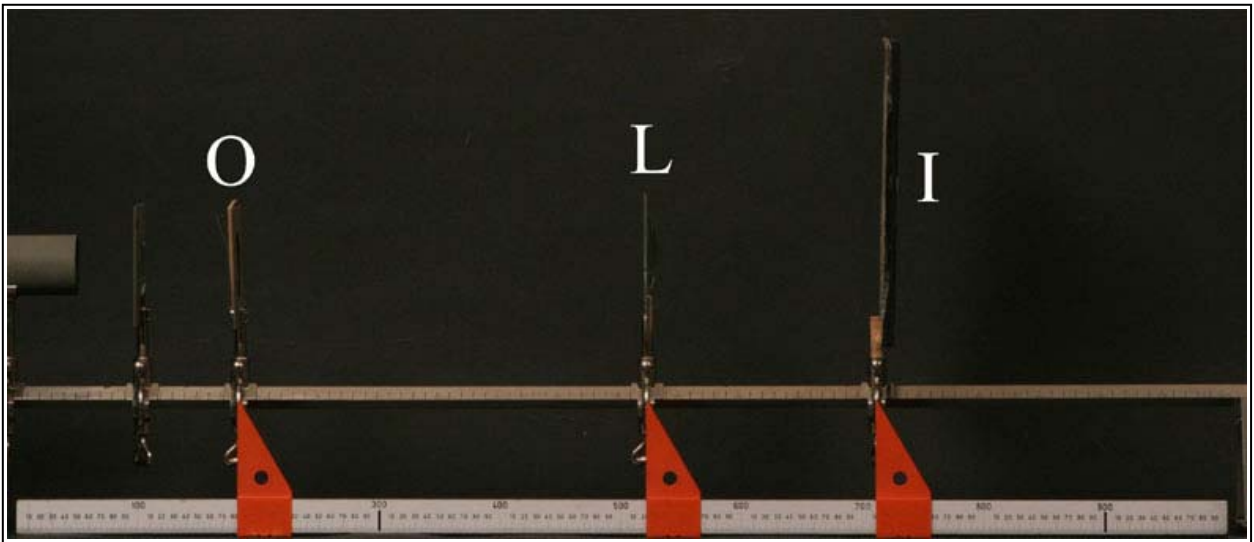


Fig.6

Medidas

Las siguientes fotografías, de la 1 a la 10, sirven para medir las distancias s_1 y s_2 . Para ello se miden esas distancias a partir de la posición de los índices, en la fotografía o en la fotocopia. 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 las posiciones 300mm y 900 mm, por lo que el factor de escala es

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

Al lado de cada una de las fotografías se ha colocado la de la imagen en la pantalla. Es necesario medir la altura de la imagen en la fotografía o en la fotocopia y convertir esa medida en altura real. La referencia es que la altura de la pantalla en vertical son 10 cm y en consecuencia el factor de escala para la imagen es

$$f_I = \frac{10 \text{ cm reales}}{\text{_____ cm en la fotografía}}$$

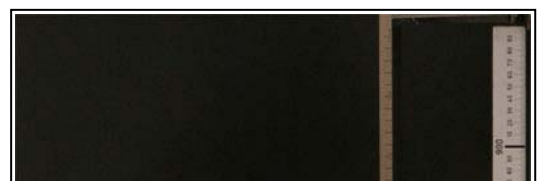
A partir de las fotografías de la 1 a la 10 se miden s_1 , s_2 , e y y_I y todos los datos se colocan en las tablas 1 y 2 y se completan ambas.

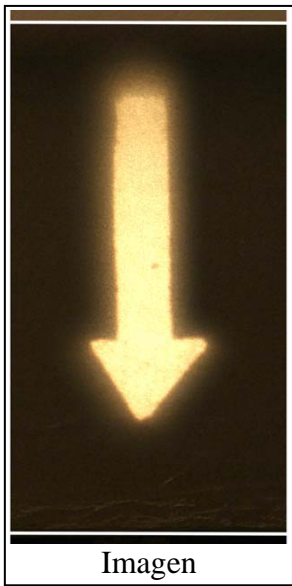
Fotografías

Fotografía 1 para toma de datos

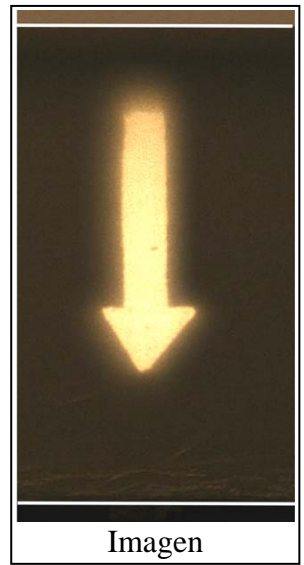


Fotografía 2 para toma de datos





Imagen

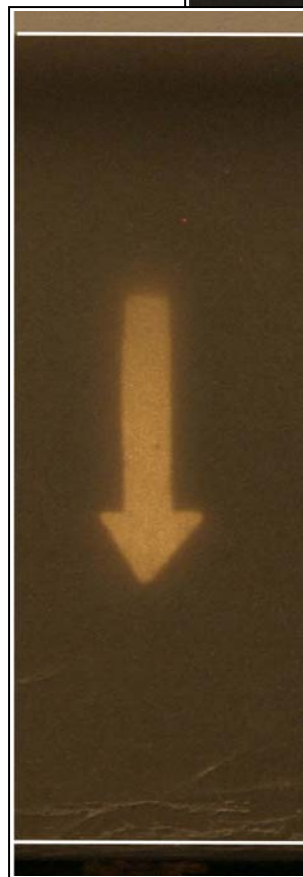
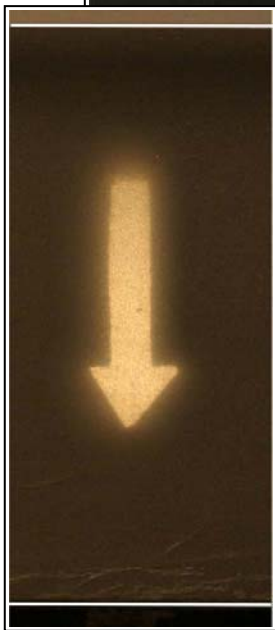
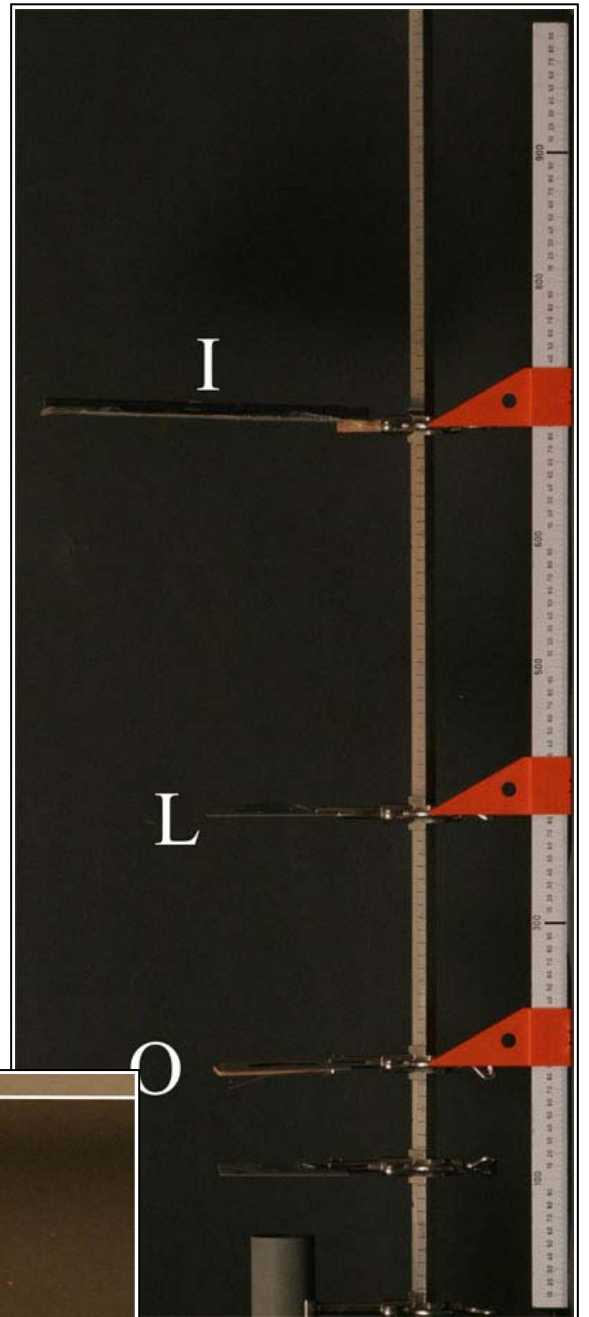


Imagen

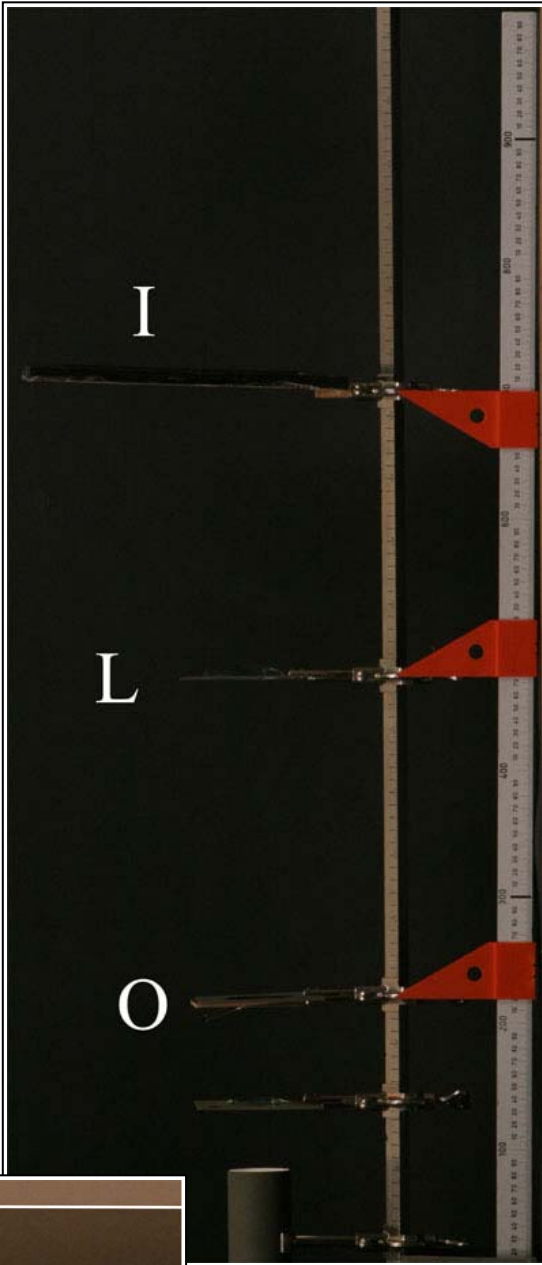
Fotografía 3 para toma de datos



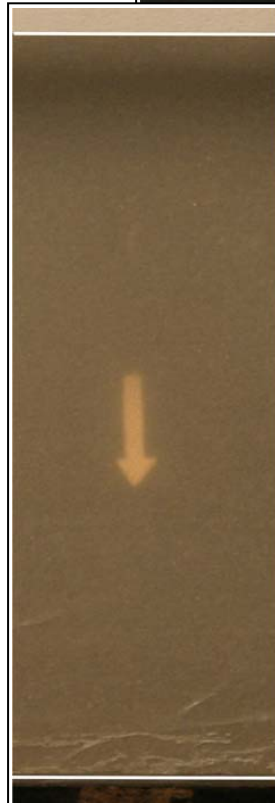
Fotografía 4 para toma de datos



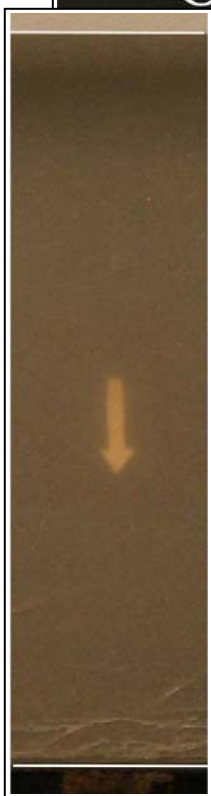
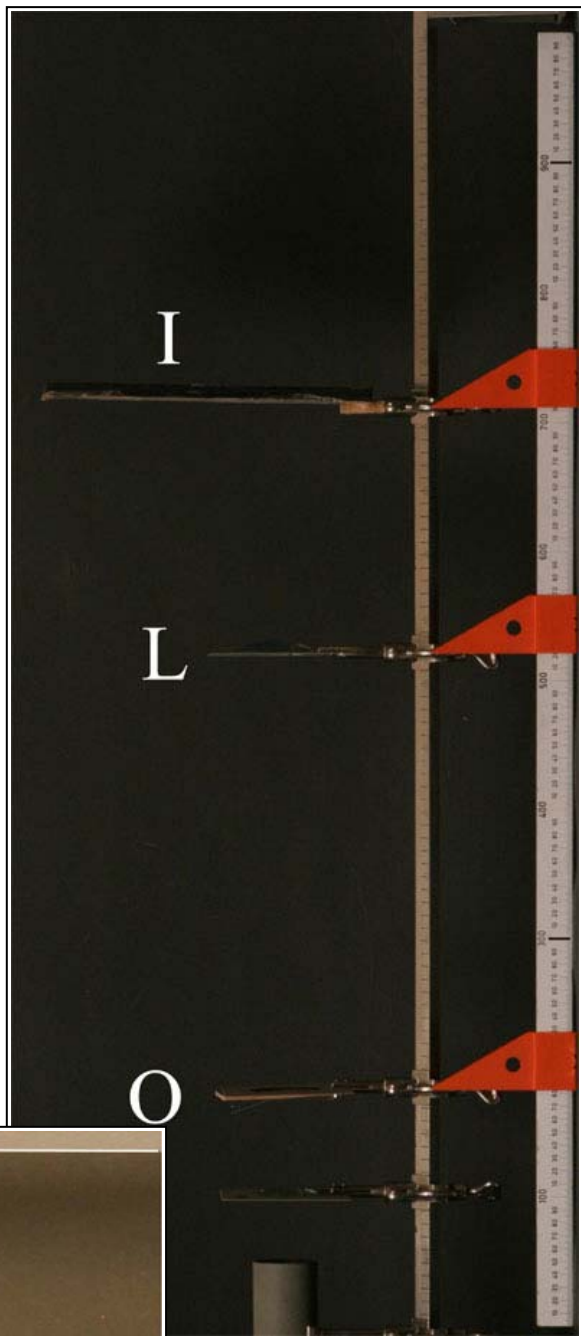
Fotografía 5 para toma de datos



Fotografía 6 para toma de datos



Fotografía 7 para toma de datos

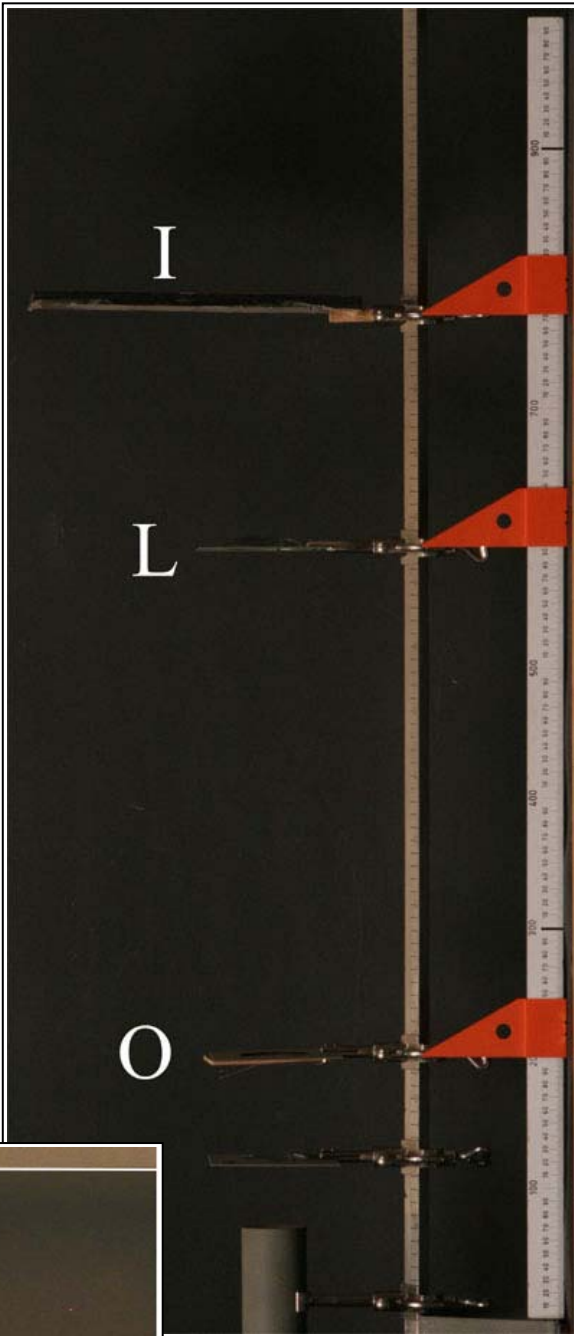


Fotografía 8 para toma de datos



Fotografía 9 para toma de datos

Fotografía 10 para toma de datos



Gráficas

1.- Con los valores de la tabla 1, represente en el eje de ordenadas $\frac{1}{s_2}$, y en el de abscisas $\frac{1}{s_1}$. Determine la ordenada en el origen y a partir de ese valor la distancia focal imagen de la lente.

2.- En el apartado anterior la pendiente de la recta debe ser uno, 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 modifique el valor de la ordenada en el origen hasta que la pendiente de la recta sea uno. Determine ahora con el nuevo valor de la ordenada en el origen la distancia focal de la lente.

Halle el valor medio de los dos distancias focales con una incertidumbre que sumada a la media nos dé el número mayor y restado el menor.

3) Represente en el eje Y $(-s_2+s_1)$ frente a s_1 en el eje X. Observe si la curva tiene un máximo y a partir de las coordenadas de ese máximo calcule la distancia focal de la lente, siguiendo el método explicado en el apartado fundamento.

4) Con los datos de la tabla 2, represente y_1 en el eje de ordenadas frente a $\frac{s_2}{s_1}$ en el eje de abscisas.

Determine la pendiente de la recta y calcule el tamaño del objeto.

Calcule en % el error respecto del tamaño medido directamente que es 2,4 cm

5) A partir del valor medio de la distancia focal encontrado anteriormente, utilice la ecuación (1) dando valores a s_1 , luego calcule s_2 con el valor medio de f' . Represente $-s_2+s_1$ en el eje Y frente a s_1 en el eje X, obtendrá una curva que llamamos teórica. En la misma gráfica represente los valores experimentales de s_1 y s_2 . Si es necesario modifique el valor anterior de f' hasta que la curva teórica y los valores experimentales se ajusten lo mejor posible. Determine el nuevo valor de la distancia focal de la lente

