

EXPERIMENTO CASERO DE ÓPTICA IV

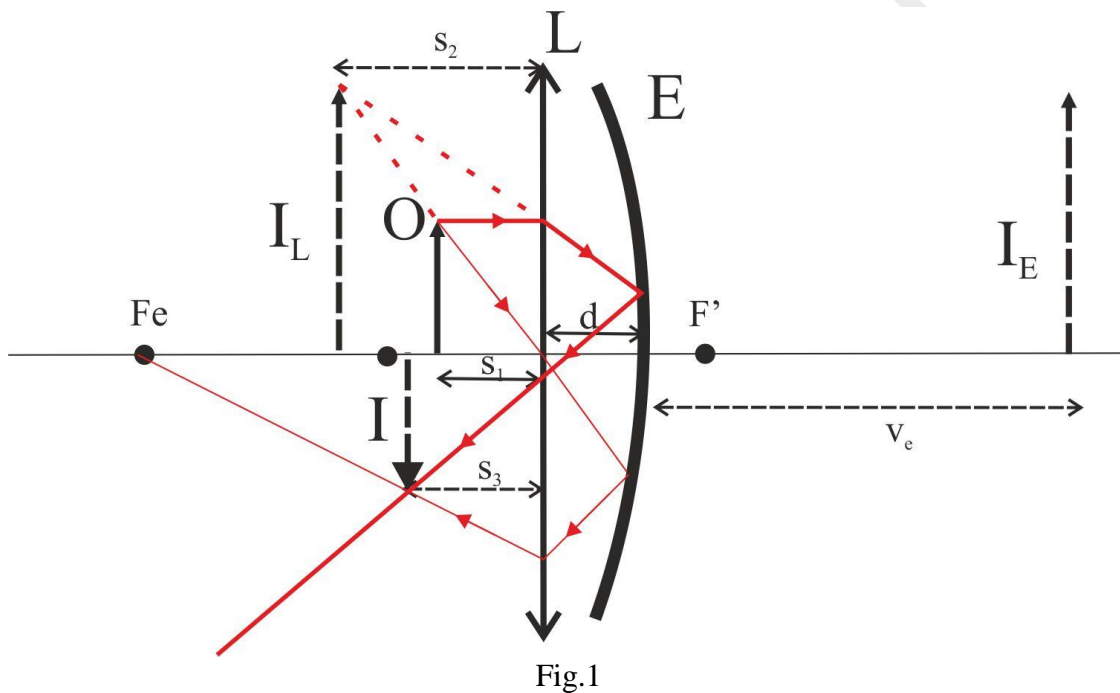
Combinación de una lente convergente y un espejo cóncavo

INTRODUCCIÓN

Este experimento se ha diseñado para que sea realizado por el alumno en casa, utilizando materiales corrientes.

En este experimento se producen tres efectos ópticos: 1) La luz de la linterna viaja de izquierda a derecha e incide sobre la lente convergente L, 2) la luz que atraviesa la lente incide de izquierda a derecha sobre el espejo cóncavo E, 3) la luz reflejada por el espejo incide de derecha a izquierda de nuevo sobre la lente y ésta forma finalmente una imagen real e invertida del objeto que se sitúa a la izquierda de la lente, esto es, en la misma región que el objeto. En la figura 1 se ha esbozado un esquema de la marcha de los rayos.

Se trata de estimar de forma aproximada la distancia focal del espejo partiendo de que se conoce la distancia focal de la lente convergente.



O objeto

I imagen real invertida

L lente convergente

E espejo cóncavo

$|s_1| < |f|$ es la distancia de la lente L al objeto que son los LED de la linterna.

s_2 es la distancia de la lente a la imagen virtual I_L que se formaría del objeto

d es la distancia desde la lente al espejo

I_L es objeto virtual para el espejo E y la imagen es I_E

v_e es la distancia desde el espejo a la imagen I_E

s_3 es la distancia desde la lente a la imagen real final I que se puede recoger en pantalla.

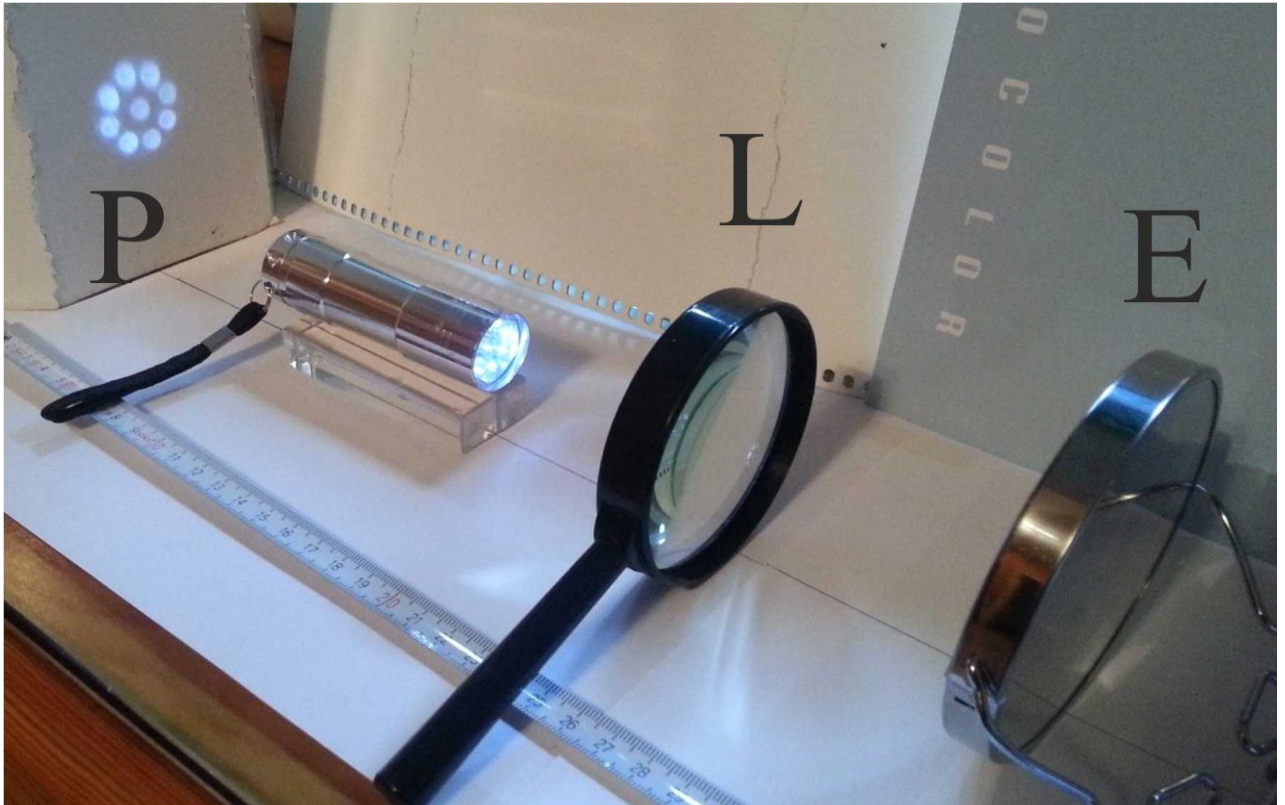
F' es la posición del foco imagen de la lente cuando la luz incide de izquierda a derecha

f' focal imagen de la lente L.

F_e es la posición del foco imagen del espejo

FUNDAMENTO TEÓRICO

En las fotografías 1 y 2 aparece el montaje real del experimento.



Fotografía 1

L es la lente convergente, E el espejo cóncavo, P la pantalla. La luz llega a la lente de izquierda a derecha. Los rayos divergentes inciden sobre el espejo donde se reflejan y vuelven a la lente para formar una imagen real a su izquierda.



Fotografía 2

Es el mismo montaje de la fotografía 1, pero visto desde otra perspectiva. El espejo tiene dos caras la que se enfrenta a la lente que es curva y la opuesta que es un espejo plano. El espejo es de baja calidad y con un precio muy barato, poco más de un euro, por lo que los resultados pueden verse afectados por no ser un espejo cóncavo. Los errores se han minimizado enfocando el haz de luz de la linterna al centro del espejo.

1) La luz viaja de izquierda a derecha. La distancia focal imagen se encuentra a la derecha de la lente y es positiva. El objeto se coloca a una distancia menor que la distancia focal objeto de la lente.

Aplicamos la ecuación de las lentes entre la posición objeto e imagen virtual

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

En el experimento se mide s_1 y se conoce la distancia focal imagen de la lente convergente f' luego mediante la ecuación (1) se calcula s_2 .

2) Esa imagen virtual I_L es objeto virtual para el espejo con lo cual éste formará una imagen virtual I_E , a una distancia v_e . La distancia del objeto virtual IL al espejo es $s_2 + d$, siendo d la distancia entre la lente y el espejo. El radio del espejo es R . La ecuación que rige este proceso es

$$\frac{1}{s_2 + d} + \frac{1}{v_e} = \frac{2}{R} \Rightarrow \frac{1}{v_e} = \frac{2}{R} - \frac{1}{s_2 + d} = \frac{2(s_2 + d) - R}{R \cdot (s_2 + d)} \Rightarrow v_e = \frac{R \cdot (s_2 + d)}{2(s_2 + d) - R} \quad (2)$$

3) La imagen formada por el espejo I_E es objeto para la lente y se encuentra a una distancia $v_e + d$ de la lente. En este caso la luz incide de derecha a izquierda con lo que la distancia focal imagen de la lente se encuentra a su izquierda y su valor numérico es positivo.

La ecuación es:

$$-\frac{1}{v_e + d} + \frac{1}{s_3} = \frac{1}{f'} \Rightarrow -\frac{1}{v_e + d} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{s_3} \quad (3)$$

MODO DE OPERAR

Dispuesto el experimento como indica la figura 1 y la fotografía 1 Se miden las siguientes magnitudes s_1 , d y s_3 . Con el valor numérico de s_1 se calcula s_2 mediante la ecuación (1).

Se lleva ese valor a la ecuación (2) y se le da un valor a R con lo cual se calcula v_e . El valor obtenido de v_e se traslada a la ecuación (3) y se calculan los dos miembros (f' es conocida) de dicha ecuación. Puede suceder que el primero y el segundo miembro sean iguales entonces ese es el valor de R del espejo, o que sean diferentes, si eso ocurre se ensayan nuevos valores de R hasta conseguir uno para el que los dos miembros de (3) sean iguales.

Este proceso de búsqueda de R debe hacerse con ayuda de una hoja de cálculo.

MATERIAL

Lupa como la que se compran en tiendas de todo a cien y cuyo precio es alrededor de un euro. La distancia focal imagen debe conocerse.

Linterna cilíndrica LED

Pantalla., que puede ser un cartón doblado (nosotros hemos utilizado la cubierta posterior de un cuaderno).

Espejo cóncavo. Sirve el que se adquiere en una tienda todo a cien cuyo valor es inferior a dos euros..

Cinta métrica o metro de hule

Hojas de papel blanco

Lapicero

Cello

MEDIDAS

Coloque las hojas de papel blanco una detrás de otra manteniéndolas paralelas al borde de la mesa. Trace una recta paralela a los bordes y que sirve para alinear la lente, el espejo y la pantalla. La lente esta a una distancia s_1 del espejo inferior a su distancia focal $|s_1| < |f|$, es aconsejable empezar con una distancia algo menor que la mitad de f . Señale la posición de la lente que siempre va ser la misma en todo el experimento. Coloque el espejo a una distancia de la lente parecida a s_1 . Mueva la pantalla hasta lograr una imagen de los LED lo más nítida posible. Anote las medidas de s_1 , d y s_3 . Mantenga fijos d y s_1 busque de nuevo la imagen más nítida de los LED. Probablemente obtendrá un valor de s_3 distinto al anterior. Repita las medidas de nuevo hasta cinco veces.

Calcule el valor medio de esos seis valores. Opere con las ecuaciones (1) (2) y (3) y obtenga R y la distancia focal del espejo.

Cambie s_1 y mantenga d como antes. Obtenga cinco valores de s_3 . Opere como antes para obtener R .

Deje fija la distancia s_1 anterior y cambie d . Obtenga cinco valores de s_3 y halle su valor medio. Calcule R .

Halle la media aritmética de los tres valores de R con su incertidumbre. Calcule el valor numérico de la distancia focal imagen del espejo con su incertidumbre.