

IMÁGENES VIRTUALES. LENTES DIVERGENTES

Introducción

Las lentes delgadas divergentes producen siempre imágenes virtuales para cualquier posición del objeto. Las lentes delgadas convergentes pueden dar imágenes virtuales cuando el objeto se coloca entre el foco y el centro óptico de la lente. En el caso de las lentes divergentes la imagen es de menor tamaño que el objeto y en las convergentes las imágenes virtuales son mayores que el objeto.

Cuando se requiere medir la distancia focal de una lente divergente y dado que la imagen al ser virtual no se puede recoger en una pantalla, los métodos empleados combinan la lente divergente con otro instrumento óptico para que el conjunto de una imagen real. Por ello se emplea la combinación de una lente *convergente con la divergente* o un *espejo cóncavo con la lente divergente*.

Se han publicado algunos trabajos (1), (2) y (3) que miden de forma aproximada la distancia focal de un lente divergente utilizando el ojo humano como instrumento óptico. El método consiste (ver la figura 1, y las fotografías) en colocar un papel milimetrado (o una regla) detrás de la lente, ajustar su distancia a la lente y con el ojo observar que el cuadrículado (o el espaciado en la regla) visto a través de la lente y fuera de ella es un tercio o un medio más pequeño y después aplicar la ecuación (1) que aparece aquí deducida.

Nosotros intentamos el experimento y comprobamos que determinar correctamente esa reducción de tamaño con el ojo desnudo es bastante complicado e incierto en el resultado. Por ello decidimos cambiar el ojo por una cámara digital y obtener diferentes fotografías y sobre ellas obtener la relación de tamaños entre la cuadrícula vista a través de la lente y fuera de ella.

Deducción de la fórmula

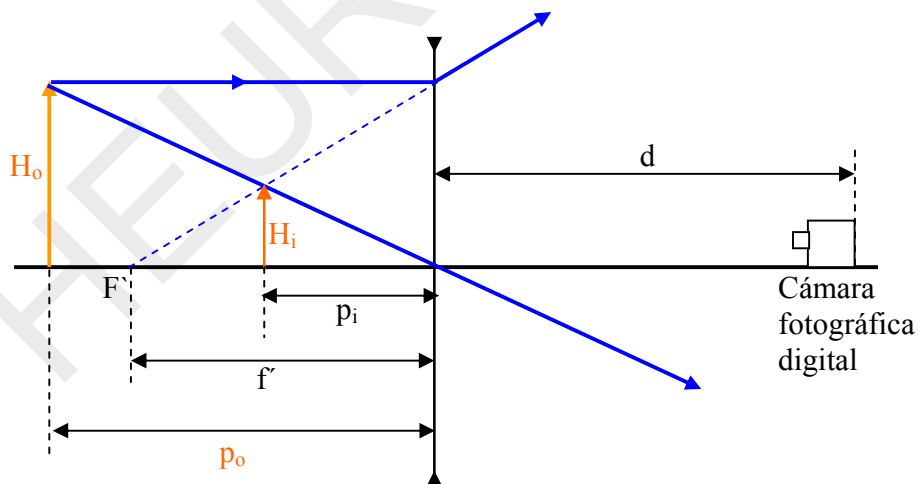


Fig.1

H_o es la altura del objeto; H_i la altura de la imagen; p_i la distancia lente imagen; p_o la distancia lente objeto; d la distancia a la que se coloca la cámara fotográfica o el ojo; f' la distancia focal imagen

El aumento lateral en la lente divergente de la figura 1 es. $m = \frac{H_i}{H_o}$

La ecuación de una lente delgada es:

$$-\frac{1}{p_o} + \frac{1}{p_i} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \frac{1}{p_i} = \frac{1}{p_o} + \frac{1}{f'} = \frac{f' + p_o}{p_o f'} \Rightarrow p_i = \frac{p_o f'}{f' + p_o}$$

El aumento angular de la cámara fotográfica es:

$$\frac{\text{tag } \Theta_i}{\text{tag } \Theta_o} = M \approx \frac{\Theta_i}{\Theta_o} = \frac{\frac{H_i}{d + p_i}}{\frac{H_o}{d + p_o}} = \frac{H_i}{H_o} \frac{d + p_o}{d + p_i} = m \frac{d + p_o}{d + p_i} \quad (1)$$

Comparando los triángulos $\frac{H_i}{p_i} = \frac{H_o}{p_o} \Rightarrow m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{p_o}{p_i} = \frac{\frac{p_o f'}{f' + p_o}}{p_i} = \frac{f'}{f' + p_o}$ (2)

Sustituyendo (2) en (1)

$$M = \frac{f'}{f' + p_o} \cdot \frac{d + p_o}{d + p_i} = \frac{f'}{f' + p_o} \cdot \frac{d + p_o}{d + \frac{p_o f'}{f' + p_o}} = \frac{f'(d + p_o)}{d(f' + p_o) + p_o f'} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M[d(f' + p_o) + p_o f'] = f'(d + p_o) = M d f' + M d p_o + M p_o f' = f' d + f' p_o \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d f'(M - 1) + M d p_o = f' p_o (1 - M) \Rightarrow M d p_o = d f'(1 - M) + f' p_o (1 - M) = f'(1 - M)(d + p_o) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f' = \frac{M}{1 - M} \cdot \frac{d p_o}{p_o + d} \quad (3)$$

Según la normas DIN al sustituir valores numéricos en la anterior ecuación, d es positivo y p_o negativo. La distancia $p_o + d$ es positiva

Material

Lente/s divergente/s

Cinta métrica

Papel milimetrado

Cámara fotográfica o en caso de no tenerla utilizar el ojo

Soporte para sostener el papel milimetrado en posición vertical.

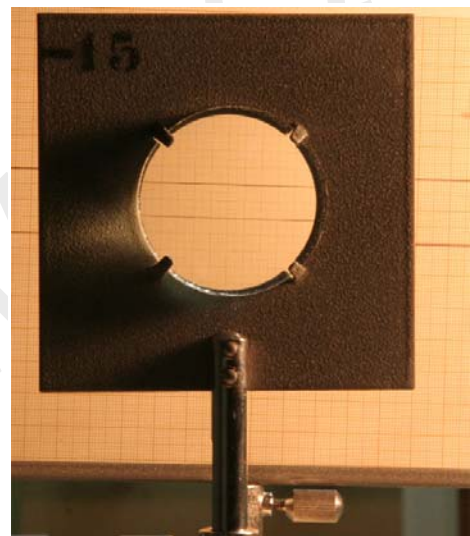
Regla graduada en milímetros

El montaje del dispositivo corresponde a la figura 1a

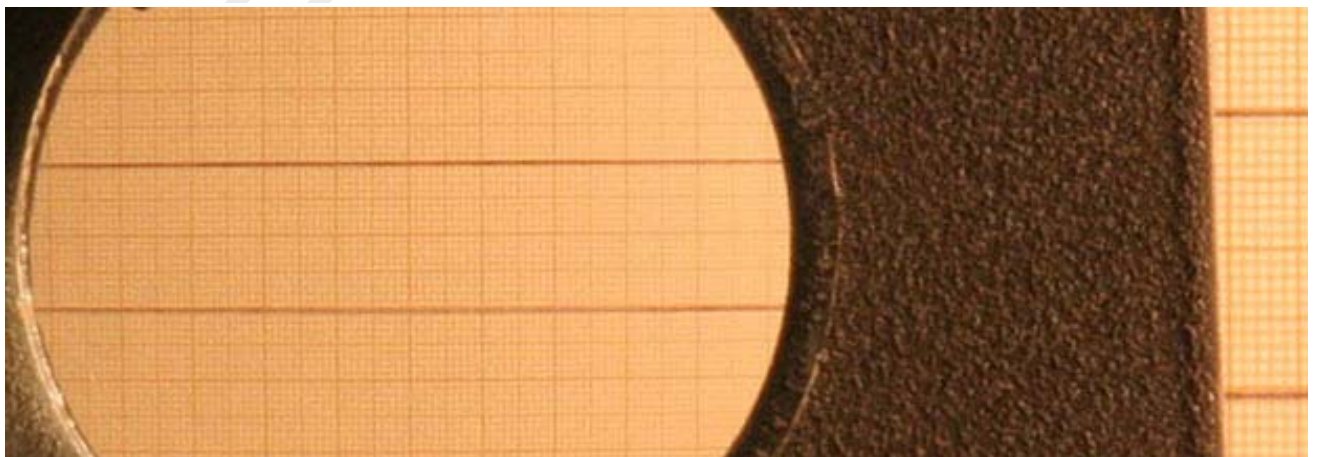
Valores experimentales (primera lente)

Las fotografías siguientes corresponden a diversas medidas utilizando dos lentes divergentes de distinta distancia focal

Fotografía 1



Fotografía 1a



Fotografía 1b

Datos de la fotografía 1b . $d=109,5 \text{ cm}$, $p_o=-15,4 \text{ cm}$

La fotografía 1b es una ampliación de la 1a. El lector debe medir, con la regla graduada en milímetros, la distancia entre las dos rayas dentro de la lente s , y la distancia de esas rayas fuera de

la lente S , $M = \frac{s}{S} =$

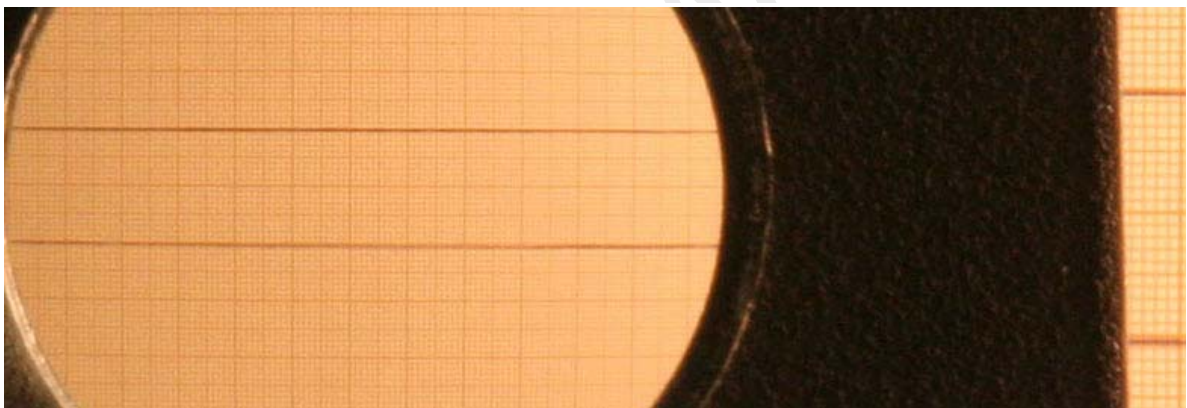
Y a continuación aplicar la fórmula (3) para deducir la distancia focal imagen

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Deberá repetir los cálculos en las siguientes fotografías.

En las siguientes fotografías solamente se incluyen las ampliadas que son las que sirven para tomar medidas.

Fotografía 2



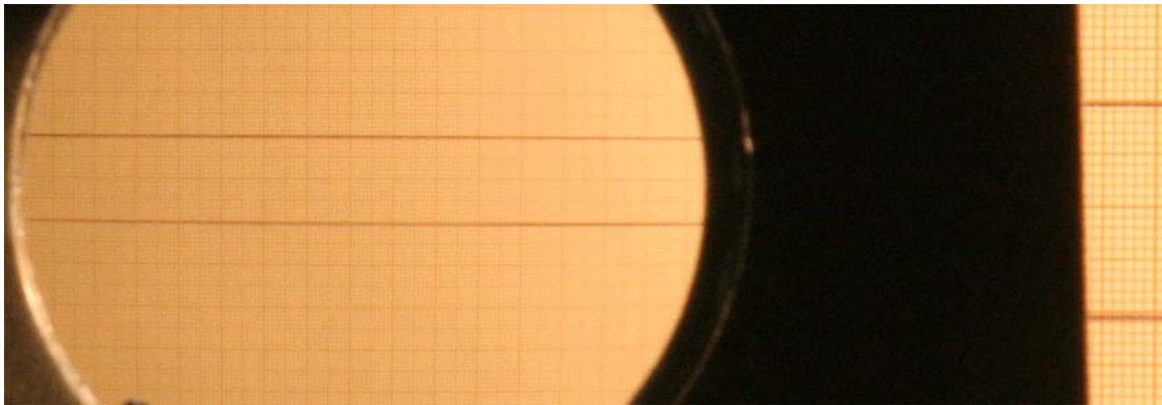
Fotografía 2

Datos de la fotografía 2 :. $d=109,5 \text{ cm}$, $p_o=-20,6 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 3



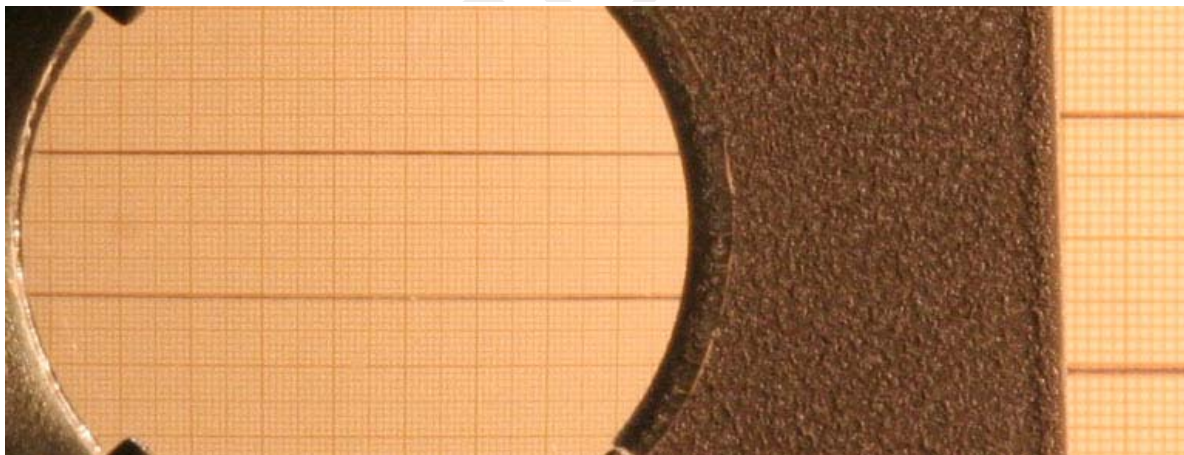
Fotografía 3

Datos de la fotografía 3 : $d=109,5 \text{ cm}$, $p_o=-29,0 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{d p_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 4



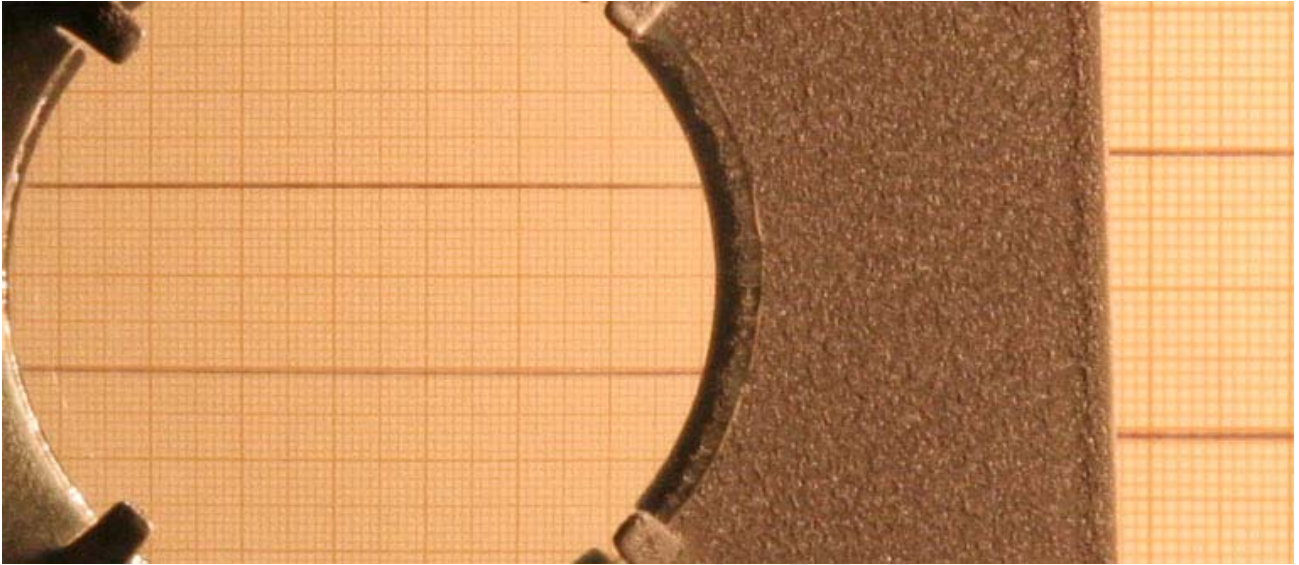
Fotografía 4

Datos de la fotografía 4 : $d=109,5 \text{ cm}$, $p_o=-12,4 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{d p_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 5



Fotografía 5

Datos de la fotografía 5 : $d=109,5 \text{ cm}$, $p_o=-8,1 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} = \quad f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{d p_o}{p_o + d} =$$

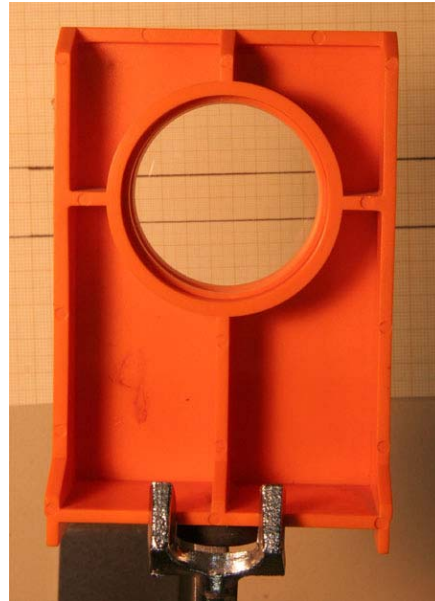
Valores medios de f'

f' medio =

El fabricante de la lente da como valor de $f' = -15 \text{ cm}$

Valores experimentales (segunda lente)

Fotografía 6 a



Fotografía 6b

Datos de la fotografía 6b . $d=34,0 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

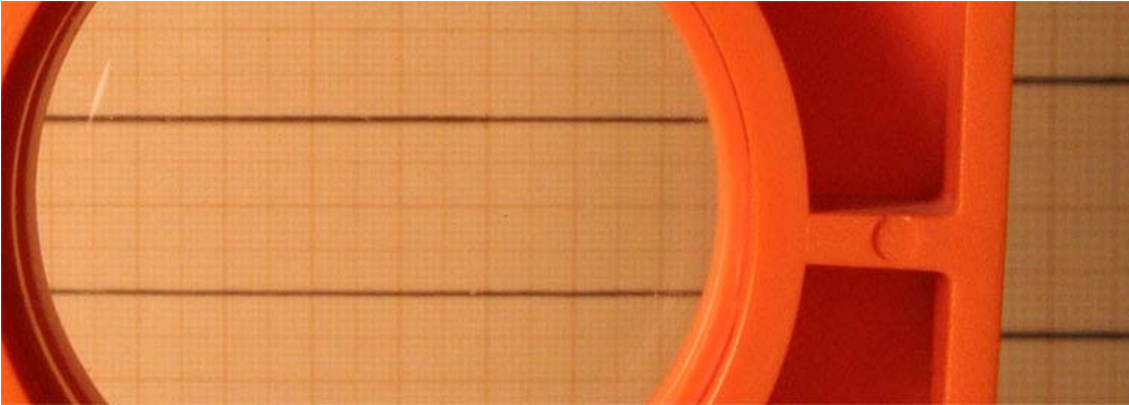
La fotografía 6b es una ampliación de la 6a. El lector debe medir la distancia entre las dos rayas dentro de la lente s , y la distancia de esas rayas fuera de la lente S , $M = \frac{S}{s} =$

Y a continuación aplicar la formula (3) para deducir la distancia focal imagen

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Deberá repetir los cálculos en las siguientes fotografías. En las siguientes fotografías solamente se incluyen las ampliadas que son las que sirven para tomar medidas.

Fotografía 7



Fotografía 7

Datos de la fotografía 7 . $d=40,5 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 8



Fotografía 8

Datos de la fotografía 8 . $d=46,8 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 9



Fotografía 9

Datos de la fotografía 9 . $d=54,8 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 10



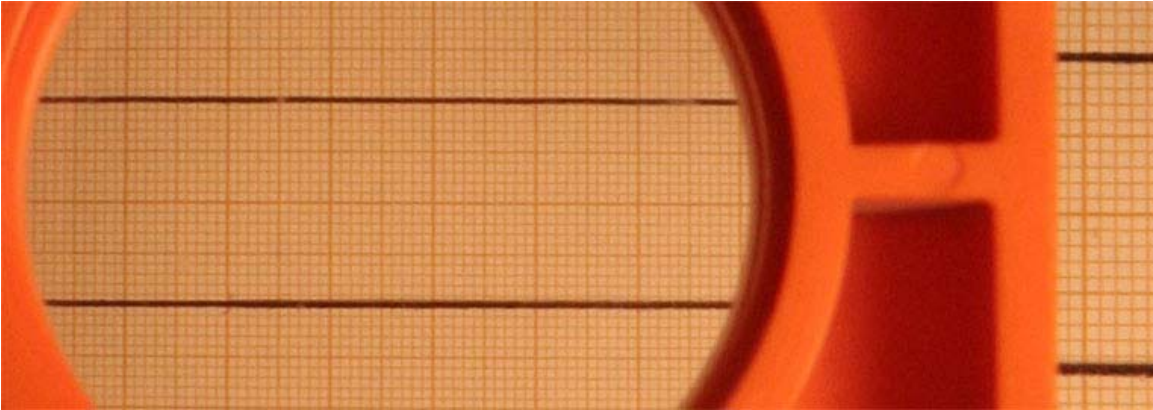
Fotografía 10

Datos de la fotografía 10 . $d=60,5 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{dp_o}{p_o + d} =$$

Fotografía 11



Fotografía 11

Datos de la fotografía 11 . $d=69,0 \text{ cm}$, $p_o=-12,5 \text{ cm}$

$$M = \frac{s}{S} =$$

$$f' = \frac{M}{1-M} \cdot \frac{d p_o}{p_o + d} =$$

Bibliografía

- 1.-M.H.J. Hawkins.The School Science Review. Volumen 62, n°221,1981, página 736
- 2.-S.C. Dudley,The Physics Teacher ,Volumen 37, Febrero 1994. Página 94
- 3.-D.L.Wagner, T.A.Walkiewicz, The Physics Teacher. Volumen 38. Noviembre 2000. Página 474