

Ecuación de las lentes

Determinación de la distancia focal de una lente según del procedimiento de Bessel

- Determinación de las dos posiciones de una lente delgada que proporcionan una imagen nítida.
- Determinación de la distancia focal de una lente delgada.

UE4010100

07/16 JöS



Fig. 1 Disposición de medición

FUNDAMENTOS GENERALES

La distancia focal f de una lente indica la distancia entre el plano principal de la lente y el foco, véase la Fig. 2. Esta distancia se puede determinar siguiendo el procedimiento ideado por Bessel (*Friedrich Wilhelm Bessel, 1784 - 1846*). Para ellos se miden las distancias entre los elementos en el banco óptico.

Por medio de la Fig. 2 y la Fig. 3 se reconoce que para una lente delgada debe valer la relación geométrica

$$(1) \quad a = b + g.$$

a : Distancia entre el objeto G y la imagen B

b : Distancia entre la lente y la imagen B

g : Distancia entre el objeto G y la lente

Reemplazando $b = a - g$ en la ecuación de lentes

$$(2) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$$

f : Distancia focal de la lente

se obtiene

$$(3) \quad \frac{1}{f} = \frac{a}{a \cdot g - g^2}$$

Esto corresponde a una ecuación de segundo grado: $g^2 - a \cdot g + a \cdot f = 0$ con sus dos soluciones posibles:

$$(4) \quad g_{1,2} = \frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - a \cdot f}.$$

Para ambas distancias de objeto g_1 y g_2 , se obtiene una imagen nítida para $a > 4f$. A partir de su diferencia e se puede determinar la distancia focal de la lente:

$$(5) \quad e = g_1 - g_2 = \sqrt{a^2 - 4af}$$

La diferencia e es la distancia e entre las dos posiciones P1 y P2 en las cuales se obtiene una imagen nítida.

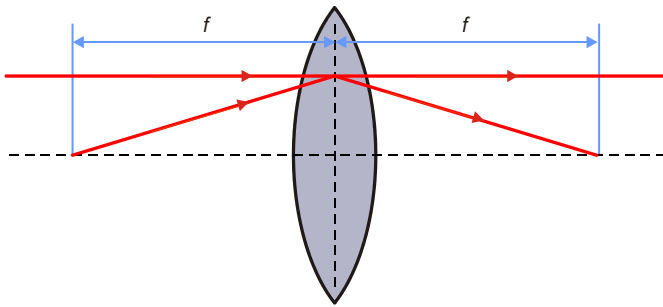


Fig. 2 Representación esquemática para la definición de la distancia focal de una lente delgada

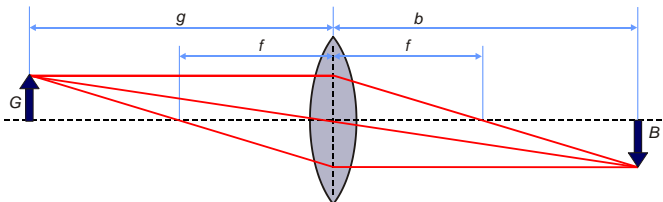


Fig. 3 Paso de rayos esquemático a través de una lente

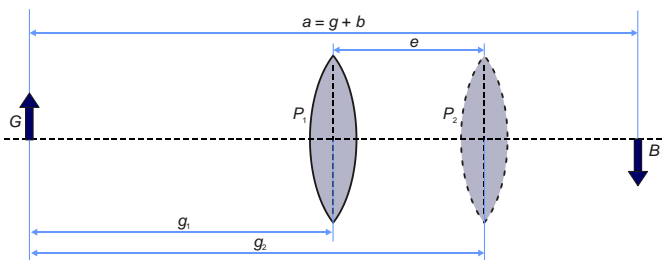


Fig. 4 Ordenación esquemática de las dos posiciones de la lente que generan una imagen nítida en la pantalla

LISTA DE APARATOS

1	Banco óptico K, 1000 mm	1009696 (U8475240)
4	Jinetillo óptico K	1000862 (U8475350)
1	Lámpara óptica K	1000863 (U8475400)
1	Transformador 12 V, 25 VA @230V	1000866 (U8475470-230)
0		
1	Transformador 12 V, 25 VA @115V	1000865 (U8475470-115)
1	Lente convergente K, f = 50 mm	1000869 (U8475901)
1	Lente convergente K, f = 100 mm	1010300 (U8475911)
1	Soporte de apriete K	1008518 (U84755401)
1	Juego de 4 objetos de proyección	1000886 (U8476605)
1	Pantalla de proyección K, blanca	1000879 (U8476320)

MONTAJE Y REALIZACIÓN

- Los cuatro jinetillos ópticos se llevan al banco óptico y se fijan en las posiciones -5 cm, 4 cm, 50 cm y 89,5 cm (cada una respecto al borde izquierdo). Como se muestra en la Fig. 1, secuencialmente se insertan, la lámpara óptica en el primer jinetillo óptico, la lente convergente de $f = 50$ mm, así como en soporte de apriete en el segundo y la pantalla en el cuarto. El tercer jinetillo óptico permanece primeramente libre.
- La lámpara óptica se conecta al transformador de 12 V y se enciende.
- El segundo jinetillo óptico se desplaza de tal forma que en la pantalla se pueda observar una imagen nítida del filamento incandescente de la lámpara óptica.
- El diafragma en F o la diapositiva del juego de 4 objetos de proyección se desliza en el soporte de apriete. Se tiene en cuenta de tener una iluminación uniforme.
- Se inserta la lente convergente de $f = 100$ mm en el tercer jinetillo óptico.
- La lente convergente de $f = 100$ mm se desplaza paso a paso y se encuentran las dos posiciones en las cuales se genera una imagen nítida en la pantalla.
- La distancia a entre el objeto y la imagen, como diferencia entre las posiciones del objeto de proyección y la pantalla, se leen en la escala en el banco óptico y se anota en la Tab. 1.
- Se leen en la escala del banco óptico las dos distancias de objeto g_1 y g_2 como las diferencias entre las dos posiciones de la lente de $f = 100$ mm y la posición del objeto de proyección y se anotan en la Tab. 1.
- Se realiza la medición para otras distancias a variando la posición de la pantalla, teniendo en cuenta la condición de $a > 4f$ ($f = 100$ mm) y primero se corrige la posición del segundo jinetillo óptico con la lente de $f = 50$ mm de tal forma que en la pantalla se vuelva a observar una imagen nítida del filamento incandescente de la lámpara óptica.

EJEMPLO DE MEDICION Y EVALUACIÓN

Tab. 1: Distancias de objeto g_1 y g_2 su diferencia e y la distancia focal f calculada para diferentes distancias a entre la pantalla y el objeto de proyección.

a / mm	g_1 / mm	g_2 / mm	e / mm	f / mm
826	714	118	596	99
724	605	124	481	101
674	556	130	426	101
613	487	138	349	104
522	394	134	260	98

Partiendo de la ecuación (5) se obtiene la distancia focal de una lente delgada

$$(6) \quad f = \frac{a^2 - e^2}{4a}$$

según el procedimiento de Bessel.

- Se calculan las distancias focales f a partir de las distancias a y las diferencias e (Tab. 1) acuerdo con la ecuación (6) y se anotan en la Tab. 1.
- Se calcula el valor medio de todas las distancias focales:

$$(7) \quad \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^5 f_i}{5}$$

Se obtiene el valor $f = 101 \text{ mm}$ en buena concordancia con el valor nominal de $f = 100 \text{ mm}$.

Asumiendo una exactitud de 1 mm para el posicionamiento de las componentes ópticas y para la lectura de las posiciones en la escala de banco óptico se tiene una inseguridad de medición de las medidas individuales de 1% aprox..