

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.

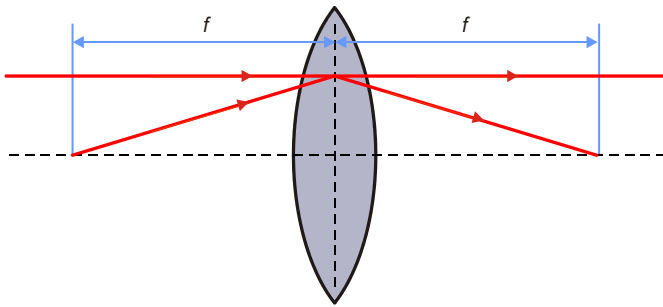


Fig. 2 Representación esquemática para la definición de la distancia focal de una lente delgada

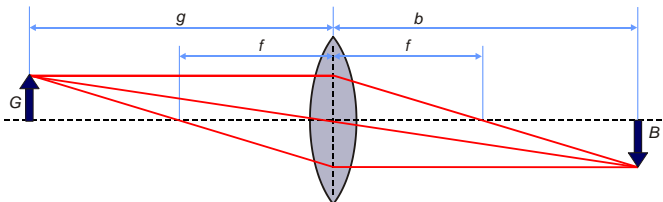


Fig. 3 Paso de rayos esquemático a través de una lente

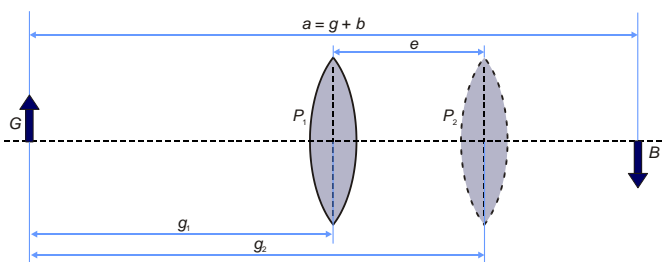


Fig. 4 Ordenación esquemática de las dos posiciones de la lente que generan una imagen nítida en la pantalla

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..