

## Equação das lentes

### Determinação da distância focal de uma lente pelo procedimento de Bessel

- Determinação das duas posições de uma lente fina que geram uma imagem nítida.
- Determinação da distância focal de uma lente fina.

UE4010100

07/16 JöS



Fig. 1 Ordem da medição

### FUNDAMENTOS GERAIS

A distância focal  $f$  de uma lente informa a distância entre o plano principal da lente e o ponto focal, vide Fig. 2. Ela pode ser determinada pelo procedimento de Bessel (segundo *Friedrich Wilhelm Bessel*). Para tanto, as diferentes distâncias entre os elementos do banco óptico são medidas.

Através das Fig. 2 e Fig. 3 se reconhece que, para uma lente fina, a relação geométrica

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

$a$ : distância entre objeto  $G$  e imagem  $B$

$b$ : distância entre lente e imagem  $B$

$g$ : distância entre objeto  $G$  e lente

tem que valer.

A introdução de  $b = a - g$  na equação das lentes

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

$f$ : distância focal da lente

fornece

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

Isto corresponde a uma equação de segundo grau  $g^2 - a \cdot g + a \cdot f = 0$  com as duas soluções

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

Para ambas as distâncias de objeto  $g_1$  e  $g_2$  resulta, para  $a > 4f$ , uma imagem nítida. Desta diferença e se pode determinar a distância focal da lente:

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

A diferença  $e$  é a distância  $e$  entre as duas posições da lente  $P_1$  e  $P_2$ , que resultam em uma imagem nítida..

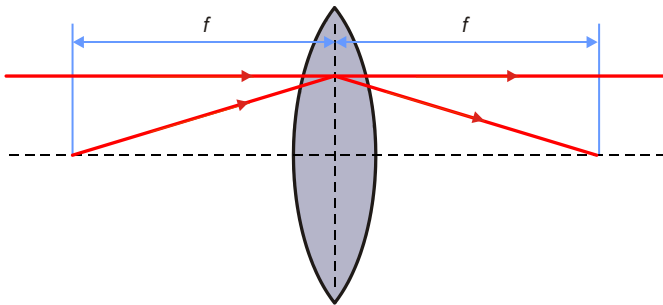


Fig. 2 Representação esquemática para definição da distância focal de uma lente fina

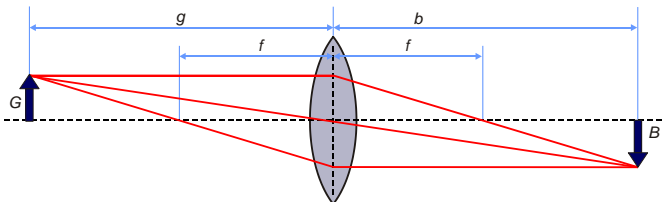


Fig. 3 Percurso esquemático do feixe através de uma lente

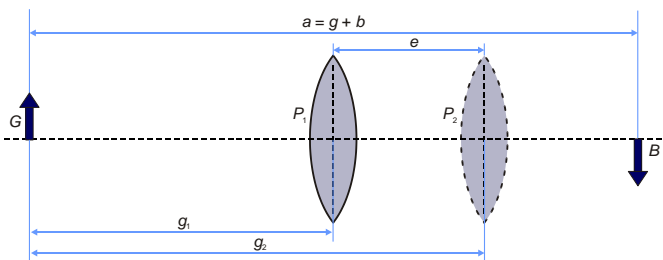


Fig. 4 Disposição esquemática das duas posições da lente que geram uma imagem nítida na tela

## LISTA DE APARELHOS

1	Banco óptico K, 1000 mm	1009696 (U8475240)
4	Cavalete óptico K	1000862 (U8475350)
1	Luminária óptica K	1000863 (U8475400)
1	Transformador 12 V, 25 VA @230V	1000866 (U8475470-230)
ou		
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	Pinça suporte K	1008518 (U84755401)
1	Conjunto de 4 objetos de representação	1000886 (U8476605)
1	Tela de projeção K, branco	1000879 (U8476320)

## MONTAGEM E REALIZAÇÃO

- Posicionar os quatro cavaletes óticos nas posições -5 cm, 4 cm, 50 cm e 89,5 cm (sempre borda esquerda) no banco ótico e fixar. Conforme mostrado na Fig. 1, colocar sucessivamente a luminária ótica no primeiro cavalete ótico, a lente convergente  $f = 50$  mm, bem como a pinça suporte no segundo e a tela no quarto. O terceiro cavalete ótico ficará vazio por ora.
- Conectar a luminária ótica no transformador 12 V e ligar.
- Deslocar o segundo cavalete ótico de forma que uma imagem nítida do filamento da luminária ótica seja visível.
- Inserir o defletor F ou o diapositivo do conjunto de 4 objetos de representação na pinça suporte. Atentar para iluminação uniforme.
- Colocar, no terceiro cavalete ótico, a lente convergente  $f = 100$  mm.
- Deslocar gradativamente a lente convergente  $f = 100$  mm e encontrar as duas posições para as quais se forma uma imagem nítida na tela.
- Ler a distância  $a$  entre o objeto e a imagem como diferença entre a posição do objeto de representação e a posição da tela na escala do banco ótico e anotar na Tab. 1.
- Ler as distâncias de objeto  $g_1$  e  $g_2$  como diferenças entre as duas posições da lente convergente  $f = 100$  mm e a posição do objeto de representação na escala do banco ótico e anotar na Tab. 1.
- Realizar a medição para outras distâncias  $a$  pela variação da posição da tela, sempre observando a condição  $a > 4f$  ( $f = 100$  mm) e primeiro corrigir a posição do segundo cavalete ótico com a lente convergente  $f = 50$  mm respectivamente de forma que seja possível ver novamente uma imagem nítida do filamento da luminária ótica na tela.

## EXEMPLO DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

Tab. 1: Distâncias de objeto medidas  $g_1$  e  $g_2$ , sua diferença e e distância focal calculada  $f$  para diferentes distâncias  $a$  entre a tela e o objeto de representação.

$a / \text{mm}$	$g_1 / \text{mm}$	$g_2 / \text{mm}$	$e / \text{mm}$	$f / \text{mm}$
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

Da equação (5), resulta a fórmula para a distância focal da lente fina

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

segundo o procedimento de Bessel.

- Calcular as distâncias focais  $f$  a partir das distâncias  $a$  e das diferenças  $e$  (Tab. 1) conforme equação (6) e anotar na Tab. 1.
- Calcular a média de todas as distâncias focais:

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

O resultado é  $f = 101 \text{ mm}$ , em conformidade muito boa com o valor teórico  $f = 100 \text{ mm}$ .

Pressupondo uma precisão de 1 mm para o posicionamento dos componentes óticos e a leitura das posições na escala do banco ótico, a margem de erro relativa de uma medição única é de cerca de 1%.