

## Experiência 3: Lentes espessas

**Objetivos:** medição do comprimento focal  $f$ , do comprimento focal dianteiro  $ffl$  e do comprimento focal traseiro  $bfl$  de uma lente espessa.

### Material:

- lente espessa;
- fonte de luz branca;
- chart objeto (letra “F”);
- cavaleiro/ banco óptico;
- suportes ópticos de três pontas;
- trena e régua milimetrada;
- paquímetro;
- anteparo.

### Fundamentação teórica:

A magnificação lateral de qualquer sistema óptico, e mais particularmente, de uma lente espessa, pode ser escrita como[2]

$$M_1 = \frac{h'_1}{h} = \frac{ad-bc}{cs_1+d} \quad (1)$$

onde  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são os elementos de matriz que descreve a lente[1],  $h$  é o tamanho do objeto,  $h'_1$  é o tamanho da imagem real projetada em um anteparo e  $s_1$  é a distância entre o objeto e a face 1 da lente, como mostra a figura 1.

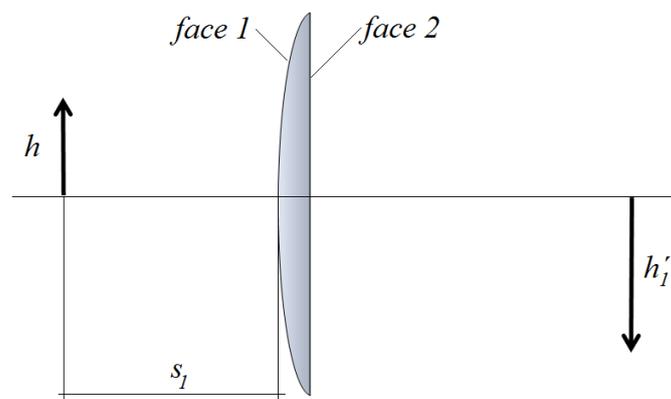


Figura 1

Como o determinante  $ad - bc$  da matriz é unitário, a equação (1) toma a forma

$$cs_1 + d = \frac{1}{M_1} \quad (2)$$

Se a lente é aproximada (ou afastada) do objeto até que a distância entre ambos seja  $s_2$ , a nova imagem real terá tamanho  $h'_2$ , de modo que a magnificação lateral  $M_2 = h'_2/h$  será, aos moldes da equação (2),

$$cs_2 + d = \frac{1}{M_2} \quad (3)$$

Da subtração das equações (2) e (3), obtém-se o elemento de matriz  $c$ :

$$c = \frac{1}{(s_2 - s_1)} \left( \frac{1}{M_2} - \frac{1}{M_1} \right) \quad (4)$$

Ao se somarem as equações (2) e (3), e após algumas passagens algébricas, obtém-se o elemento de matriz  $d$ :

$$d = \frac{M_2 s_2 - M_1 s_1}{(s_2 - s_1) M_1 M_2} \quad (5)$$

Suponhamos agora que a lente seja invertida, como mostra a figura 2. Neste caso, o elemento de matriz  $a$  da “nova lente” é o elemento de matriz  $d$  da “lente anterior”, e vice-versa.

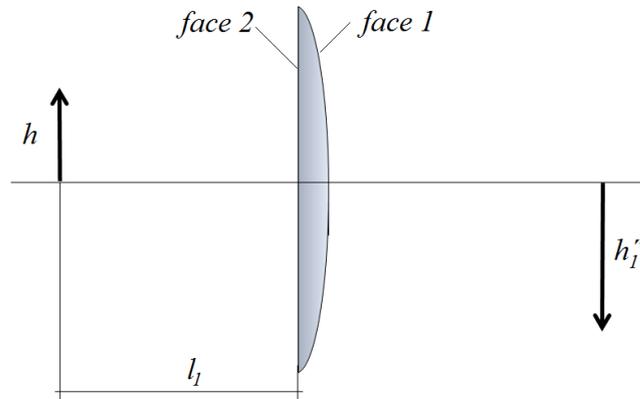


Figura 2

Neste 2º caso, se a distância entre a face 2 da lente e o objeto é  $l_1$  (v. fig. 2), o tamanho da imagem será  $h''_1$ , e a magnificação será  $M'_1 = h''_1/h$ ; mudando-se a distância objeto-lente para  $l_2$ , tem-se uma imagem real com tamanho  $h''_2$ , e a magnificação lateral será  $M'_2 = h''_2/h$ . Desta maneira, procede-se de forma análoga à obtenção da equação (5) para se escrever o elemento de matriz  $a$ :

$$a = \frac{M'_2 l_2 - M'_1 l_1}{(l_2 - l_1) M'_1 M'_2} \quad (6)$$

Conhecidos os elementos de matriz  $a$ ,  $c$  e  $d$  pelas equações 4, 5 e 6, chega-se ao elemento  $b$ , lembrando que o determinante da matriz é unitário ( $ad - bc = 1$ ):

$$b = \frac{ad-1}{c} \quad (7)$$

O comprimento focal dianteiro  $ffl$  da lente é dado por

$$ffl = -\frac{d}{c}, \quad (8)$$

enquanto que o comprimento focal traseiro  $bfl$  é

$$bfl = -\frac{a}{c} \quad (9)$$

### Procedimento experimental:

- 1 - Meça o tamanho do objeto;
- 2 - Monte um arranjo óptico como o da figura 1, e posicione o anteparo atrás da lente até observar a imagem formada; nesta configuração, meça a distância  $s_1$  entre o objeto e a lente, bem como o tamanho  $h'_1$  da imagem real no anteparo; calcule o valor  $M_1$ ;
- 3 - Altere a posição entre o objeto e a lente para  $s_2$ , determine o tamanho da nova imagem, a obtenha o valor  $M_2$ ;
- 4 - Gire a lente de  $180^\circ$ , como na figura 2, até formar a imagem real do objeto no anteparo, e repita o procedimento dos itens 2 e 3;
- 5 - Com os dados obtidos nos itens 2 e 3, obtenha os elementos de matriz  $c$  e  $d$  pelas equações 4 e 5;
- 6 - Com os dados obtidos pelo item 4, obtenha o valor do elemento de matriz  $a$  pela equação 6, e o elemento  $b$  pela equação 7.
- 7 - Pelas equações 4, 8 e 9, calcule os valores de  $f$ ,  $ffl$  e  $bfl$ ;
- 8 - Meça a espessura da lente com o paquímetro, e com o auxílio do elemento de matriz  $b$ , determine o índice de refração do vidro da lente.
- 9 - Determine os raios  $R_1$  e  $R_2$  de curvatura da lente medindo a distância  $h$  e o diâmetro  $D$  da lente, conforme a figura 3, e utilize a equação

$$R = \frac{D^2}{8h} + \frac{h}{2} \quad (10)$$



Figura 3

Com os valores de  $R_1$ ,  $R_2$ , da espessura  $t$  e considerando o índice de refração como  $n = 1,5$ , calcule os elementos de matriz  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  e determine os valores de  $f$ ,  $ffl$  e  $bfl$  pelas equações 4, 8 e 9.

10 – Compare estes valores com os obtidos no item 7 através do desvio percentual.

### **Referências**

- 1- HECHT, E. Optics, Reading, Mass. Addison-Wesley Publ. Co. 1987. 2ª E.
- 2- BARBOSA, E. A. Óptica Geométrica, Texto comunicação interna