

## LENTE E ESPELHOS

### INTRODUÇÃO

A luz é uma onda eletromagnética e interage com a matéria por meio de seus campos elétrico e magnético. Nessa interação, podem ocorrer alterações na velocidade, na direção de propagação, na intensidade e na polarização da luz. Esses fenômenos são descritos pelas equações de Maxwell mas, em muitas situações, uma análise baseada nesse formalismo pode ser bastante complexa, além de fornecer mais informações do que se deseja. Alguns fenômenos associados à propagação da luz podem ser descritos, de forma mais simples, pela óptica geométrica.

Nessa óptica, fenômenos tais como a refração e a reflexão são descritos usando-se o conceito de raios de luz — linhas perpendiculares às frentes de onda, que indicam a direção de propagação da luz. A óptica geométrica é válida somente em situações em que as dimensões dos objetos com que a luz interage — por exemplo, lentes, espelhos ou anteparos — são muito maiores que o seu comprimento de onda da luz.

O tipo e a posição da imagem de um objeto, formada por um espelho esférico de pequena abertura, é determinada pela equação

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

em que  $f$  é a distância focal do espelho e  $o$  e  $i$  são, respectivamente as distâncias dele ao objeto e à imagem. Por essa mesma equação, determinam-se, também, o tipo e a posição da imagem de um objeto formada por uma lente fina. Para a utilização dessa equação, devem-se observar as seguintes convenções de sinais:

$i > 0$  — para imagens reais,

$i < 0$  — para imagens virtuais,

$f > 0$  — para espelhos côncavos e para lentes convergentes,

$f < 0$  — para espelhos convexos e para lentes divergentes.

É comum caracterizar-se uma lente por seu grau, ou dioptria, que é dado pelo inverso de sua distância focal em metros. Assim, uma lente de grau  $+5$ , ou  $+5$  dioptrias, é uma lente cuja distância focal é igual a  $(1/5)\text{m} = 0,2 \text{ m}$ , ou  $20 \text{ cm}$ .

## PARTE EXPERIMENTAL

### Objetivos

- Determinar a distância focal de espelhos e lentes.

### Material utilizado

- Trilho para montagem dos elementos ópticos; fonte de luz com objeto; duas lentes convergentes e uma lente divergente; espelhos plano, côncavo e convexo; anteparo; suportes para lentes, espelhos e anteparo.

### Procedimentos

Neste experimento, serão analisadas as imagens de um objeto formadas por alguns elementos ópticos e determinadas as distâncias focais de lentes e de espelhos. O objeto pode ser uma abertura de qualquer forma em um material opaco, ou um desenho em uma folha transparente, iluminado por uma lâmpada. As lentes, espelhos e anteparo são montados em suportes que podem ser deslocados horizontalmente, ao longo de um trilho.

**ATENÇÃO:** não toque as superfícies das lentes e espelhos, pois isso pode danificá-las.

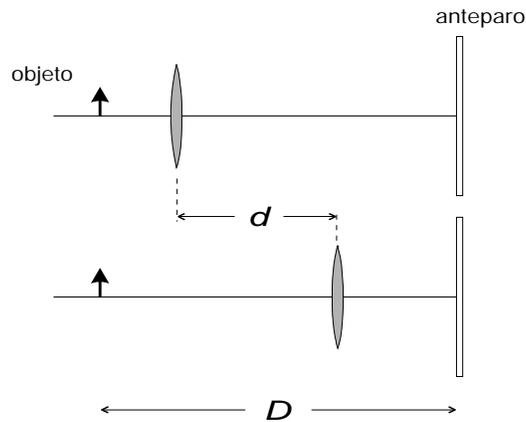
Entre os elementos ópticos fornecidos, procure identificar, apenas pela observação, os espelhos côncavo e convexo e as lentes divergente e convergente.

### Determinação da distância focal de uma lente convergente usando diretamente a equação 1

- Represente, em um diagrama, um objeto, uma lente convergente, os raios luminosos e a imagem em uma situação em que ela é real.
- Coloque a lente convergente de maior distância focal fornecida no suporte, sobre o trilho; alinhe-a com o objeto e com o anteparo. Inicialmente, posicione o objeto na maior distância possível do anteparo. Mova a lente entre os dois, até obter uma imagem nítida no anteparo. Registre os valores das distâncias imagem—lente ( $i$ ) e objeto—lente ( $o$ ) obtidos. Repita essa operação para diferentes distâncias objeto—anteparo e registre os respectivos valores de  $i$  e  $o$ .
- Mediante a análise de um gráfico de  $1/i$  versus  $1/o$ , determine a distância focal da lente utilizada. Compare o valor obtido com o que está indicado na lente.

### Determinação da distância focal de uma lente convergente pelo método de Bessel

Na Fig. 1, estão representados, esquematicamente, um objeto luminoso, a uma distância  $D$  de um anteparo, e uma lente convergente, de distância focal  $f$ . Para uma mesma distância objeto—anteparo, existem duas posições da lente em que se observa uma imagem real, nítida, no anteparo, como mostrado na Fig. 1.



**Figura 1** - Diagrama esquemático em que se mostra a formação da imagem de um objeto por uma lente convergente em duas posições distintas.

Pode-se mostrar que a separação  $d$  entre essas posições é dada por

$$d = \sqrt{D(D - 4f)} . \quad (2)$$

- ✓ Determine a menor distância que deve haver entre o objeto e o anteparo para se obter, neste, uma imagem.
- Utilizando a mesma lente da etapa anterior e mantendo o objeto e o anteparo fixos, mova a lente entre eles e determine as duas posições dela em que se observam imagens nítidas. Utilizando a equação 2, determine a distância focal dessa lente.

### Determinação da distância focal de uma lente divergente

- ✓ Explique por que os dois métodos, descritos anteriormente, para se medir a distância focal de uma lente convergente, não podem ser usados para uma lente divergente.

Pode-se mostrar que duas lentes finas, de distâncias focais  $f_1$  e  $f_2$ , separadas por uma distância  $d$ , são equivalentes a uma lente de distância focal  $F$  dada por

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}. \quad (3)$$

- ✓ Considere duas lentes finas — uma convergente ( $f > 0$ ) e outra divergente ( $f < 0$ ) — colocadas muito próximas uma da outra ( $d \sim 0$ ). Determine qual deve ser, nessa situação, a relação entre as distâncias focais das duas lentes para que a lente composta equivalente seja convergente.
- Escolha uma lente divergente cuja distância focal deseje determinar. Em um mesmo suporte, junte a ela uma lente convergente, de distância focal conhecida, para formar uma lente composta convergente.
- Determine a distância focal dessa lente composta empregando um dos dois métodos descritos anteriormente. Utilize, então, a equação 3 para determinar a distância focal da lente divergente.

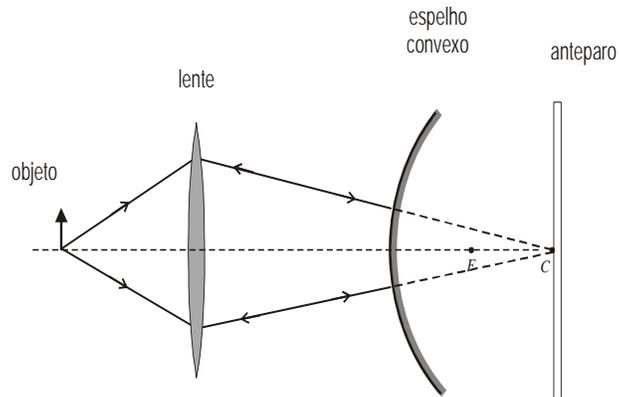
### **Determinação da distância focal de um espelho côncavo**

- ✓ Trace um diagrama de formação de imagem para um objeto colocado no centro de curvatura de um espelho côncavo. Indique, nesse diagrama a posição em que a imagem será formada.
- Escolha um espelho côncavo cuja distância focal deseje determinar e coloque-o em um suporte, sobre o trilho, na frente do objeto. Em seguida, mova esse espelho até obter uma imagem nítida do objeto na mesma posição em que o objeto se encontra. Determine, então, a distância focal do espelho.

### **Medida da distância focal de um espelho convexo**

- ✓ Explique por que o método, descrito anteriormente, para se medir a distância focal de um espelho côncavo não pode ser usado para um espelho convexo.
- Escolha uma lente convergente de distância focal conhecida e coloque-a no suporte, entre o objeto e o anteparo. Ajuste a posição da lente para obter uma imagem nítida e não muito grande no anteparo. Em seguida, coloque o espelho convexo, cuja distância focal será determinada,

entre a lente e o anteparo, como mostrado, esquematicamente, na Fig. 2. Mova o espelho até obter uma imagem nítida do objeto na mesma posição em que o objeto se encontra. (Se necessário, gire muito levemente a lente até que o imagem se forme ao lado do objeto e possa ser visualizada.)



**Figura 2** - Diagrama esquemático do método utilizado para se medir a distância focal de um espelho convexo.

Para que a imagem do objeto se forme na mesma posição em que este se encontra, os raios de luz dele provenientes, após passarem pela lente, devem incidir perpendicularmente sobre a superfície do espelho, como mostrado na Fig. 2. Dessa forma, a imagem formada pela lente atua como um objeto virtual, localizado no centro de curvatura do espelho convexo. Com base nessas informações, determine a distância focal do espelho convexo.