

Determinando a distância focal de uma lente divergente

M. F. A. de Resende Instituto de Física - USP

1 Informações básicas

É bem conhecido que, para qualquer lente supostamente delgada, vale a seguinte relação entre objetos e imagens formadas por essa lente:

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

no caso f , o e i referem-se respectivamente a: distância focal atribuída a lente; distância entre o objeto e a lente; e distância entre a imagem formada e a lente. Apenas para ilustrar como esse relacionamento pode ser aplicado na prática, trabalharemos com os conceitos de lentes convergente e divergente.

Como o próprio nome já sugere, uma lente *convergente* tem a propriedade de *convergir* toda a informação que por ela atravessa a um ponto em específico: esse ponto é o que denotamos por *foco*, definido necessariamente ao lado da lente que opõe-se ao ambiente no qual a fonte de informação faz-se presente¹; a Figura 1 abaixo ilustra bem essa situação, com o uso de uma informação luminosa. No caso específico de formação de imagens por uma lente convergente, face a informação

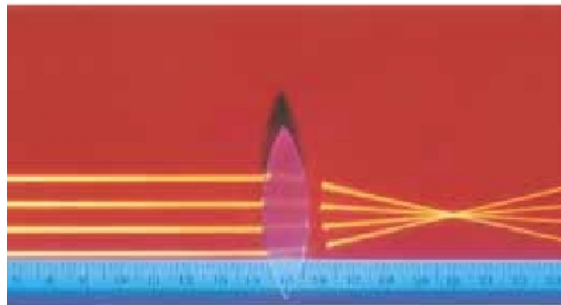


Figura 1: Feixe luminoso, com os raios supostamente paralelos, incidindo da esquerda sobre uma lente convergente. O ponto definido à direita da lente, onde os raios cruzam-se, define o foco, cuja distância é f em relação a lente.

¹Em verdade, devido à simetria das lentes que serão aqui consideradas, e perante o fato que a fonte de informação pode originar-se por quaisquer de seus lados, existem sempre dois pontos focais associados a cada lente, postos simetricamente em relação a ela.

luminosa, por exemplo, ser oriunda de um objeto posto a um dos lados dessa lente, existem duas situações características, as quais encontram-se ilustradas na Figura 2 abaixo.

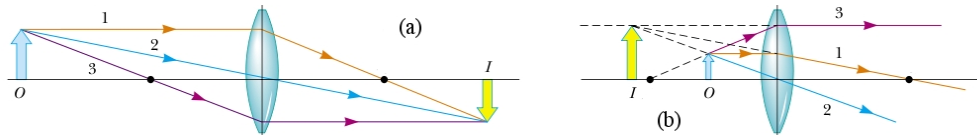


Figura 2: Imagens formadas por uma lente convergente quando o objeto encontra-se (a) anteriormente ao ponto focal, e (b) entre o ponto focal e a lente.

De acordo com o ilustrado em (a) por exemplo, quando a informação luminosa oriunda do objeto (cuja imagem deseja-se formar) atravessa a lente, todos feixes de luz provenientes do objeto, que convergiram a um ponto focal localizado no ambiente oposto ao do objeto, tornam-se de alguma maneira responsáveis pela construção de uma imagem real (por ser fisicamente observável), embora invertida. Nesse caso, por uma mera questão de conveniência, haja vista que objeto e imagem são ambos reais, adota-se como positivas as distâncias que existem entre eles e a lente: assim de acordo com (1), uma distância f fica determinada, descrevendo a posição específica do ponto focal, o que caracteriza a lente delgada em estudo.

No caso de lentes convergentes, todas as distâncias focais a elas associadas são sempre positivas, sejam quaisquer os tipos de imagens formadas (reais ou não). Um exemplo de uma imagem não real² formada por uma lente convergente faz-se presente em (b): trata-se de um caso onde a imagem associada a um objeto, posto a uma distância menor que a focal em relação a lente, é *virtual*. Assim, de acordo com a mesma convenção mencionada anteriormente, devemos atribuir um valor negativo a distância existente entre essa imagem e a lente sob consideração.

Já o caso de uma lente divergente difere ligeiramente da situação exposta acima, uma vez que essa lente tem a propriedade de divergir toda a informação que a atravessa, rumo ao lado oposto ao qual essa fonte de informações localiza-se, conforme consta na Figura 3(a). Desta maneira, e devido exatamente a esse poder de divergência, usando apenas uma única lente divergente por exemplo, não é possível observar a formação de qualquer imagem no ambiente oposto ao objeto. Entretanto, se analisarmos essa situação de divergência por outro ponto de vista, os mesmos feixes que divergem ao atravessar a lente, possuem extensões que podem ser interpretadas como feixes que convergem no mesmo ambiente onde o objeto em questão define-se: essa situação é ilustrada

²Portanto não passível de uma observação experimental.

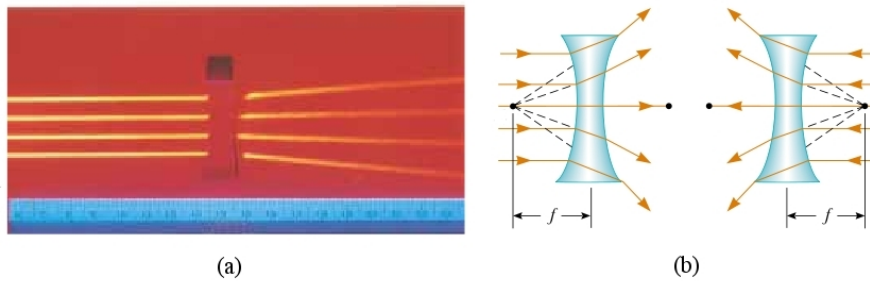


Figura 3: (a) Feixe luminoso, com os raios supostamente paralelos, incidindo da esquerda sobre uma lente divergente. (b) Os pontos definidos simetricamente ao redor da lente, e onde a extensão dos raios que divergiram de um lado convergem do outro, definem os focos desse tipo de lente, cujas distâncias são iguais a f em relação a lente.

na Figura 3(b).

Com esse novo raciocínio torna-se possível construir, por exemplo, uma imagem devido apenas a essa nova espécie de convergência, embora essa mesma imagem esteja presente num ambiente talvez não desejado, assim como também foi ilustrado na Figura 2(b); ou seja, mais uma vez, temos uma imagem virtual construída para qualquer objeto presente nas imediações da lente divergente, tal como apresenta-se na Figura 4. Aliás, devido a essa estratégia para a construção

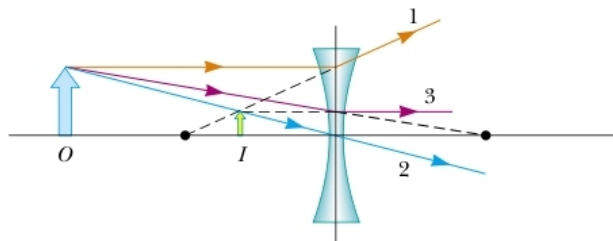


Figura 4: Esquema de formação de imagens por uma lente divergente.

do ponto focal, a própria f que caracteriza a lente divergente, também define-se como negativa, haja vista que esse ponto está associado a uma posição também virtual.

2 Determinando experimentalmente distâncias focais

Apesar dessa aparente simplicidade, existe uma dificuldade prática em determinar, por exemplo, a distância focal de uma lente divergente, ao utilizarmos um procedimento análogo ao aplicado para uma lente convergente: trata-se de uma dificuldade diretamente associada a não formação de uma imagem real, da qual naturalmente poderia ser medida a sua distância entre a lente, e de onde poderia ser estimado um valor para a sua distância focal f_D .

No entanto, para contornar essa situação e fazer uma estimativa para f_D , podemos utilizar

uma combinação de lentes que, como um todo, pode ser interpretada como um sistema convergente: ou seja, um combinado de lentes capaz de formar uma imagem real para um objeto qualquer. Assim, para ilustrar como f_D pode ser obtida nesta situação, tomaremos o mais simples dos sistemas, formado apenas por duas lentes (uma convergente e outra divergente, as quais denotaremos respectivamente por C e D), que distam d uma da outra.

Devido aos poderes de convergência da lente C formar uma imagem real, e portanto fisicamente observável, essa mesma imagem na prática apresenta, perante a lente D , as mesmas propriedades de qualquer objeto; isso segue do fato que a lente D não possui quaisquer poderes interpretativos que permitem a ela distinguir entre objetos e imagens, quando postos nas suas imediações: ela trata-os em “pé de igualdade”. Assim, ao colocarmos a imagem real formada pela lente C diante da lente D , essa última tratará essa imagem como um objeto qualquer, construindo, por consequência, uma imagem virtual para o que ela “entende” como sendo um objeto.

Tomando por base o fato que o objeto e a imagem formada por qualquer lente divergente definem-se num ambiente comum, conforme ilustra-se na Figura 4 por exemplo, uma das pre-ocupações fundamentais que devemos ter, para que o sistema $C + D$ seja convergente, é que a lente D localize-se necessariamente num ponto intermediário entre a lente C e imagem real inicialmente por ela formada: isso permitirá que, ao final de tudo, uma imagem real seja construída pelo sistema como um todo. Em termos específicos da equação (1) teremos, por exemplo,

$$\frac{1}{f_D} = \frac{1}{o_D} + \frac{1}{i_D} \quad ,$$

com $o_D = i_C - d$, sendo i_C a distância entre a imagem real, inicialmente formada, e a lente C . Logo, a partir desse relacionamento, f_D fica determinado.

Apenas por uma questão de completeza, devemos observar que, através do conhecimento de todas as distâncias focais envolvidas nesse combinado de lentes, também é possível determinar a distância focal F desse sistema de lentes como um todo: no caso, isso pode ser feito através da relação

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_C} + \frac{1}{f_D} - \frac{d}{f_C f_D} \quad . \quad (2)$$

Por se dizer, face a presença, nesta última igualdade, de todas as distâncias focais possíveis de serem definidas, caso F e f_C sejam previamente conhecidos³, f_D também poderá ser estimada alternativamente através de (2): basta fazer algumas manipulações algébricas.

³Com f_C referindo-se a distância focal da lente convergente.