
DEMONSTRE EM AULA LENTES BICONVEXAS CONVERGENTES E DIVERGENTES

Jorge Roberto Pimentel
Departamento de Física - UNESP
Rio Claro - SP

Resumo

O artigo sugere um experimento simples, para mostrar a natureza convergente e divergente que uma lente biconvexa pode apresentar, dependendo dos valores relativos entre seu índice de refração e o do meio em que está imersa. Na demonstração utiliza-se um laser de semiconductor (laser pointer), o bulbo de uma lâmpada comum, glicerina e um pequeno aquário retangular com água.

I. Introdução

No estudo de lentes esféricas, pode ficar a impressão de que lentes biconvexas comportam-se sempre como convergentes, o que não é verdade. Isto pode ser matematicamente comprovado analisando-se a chamada equação dos fabricantes de lentes, e observando-se a mudança que ocorre no sinal da distância focal, quando os valores dos índices de refração nela envolvidos são alterados. A distância focal f de uma lente esférica qualquer com espessura d depende do valor do índice de refração do material de que a lente é feita n_L , do valor do índice de refração do meio em que a lente está imersa n_m e dos valores dos raios de curvatura de suas duas faces R_1 e R_2 . Supondo que as duas faces da lente estejam em contato com o mesmo meio, a distância focal pode ser calculada, conforme Hecht e Zajac^[1] e Matveev^[2], através de:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_L - n_m}{n_m} \left[\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{(n_L - n_m)d}{n_L R_1 R_2} \right] \quad (1)$$

Ao utilizar esta expressão, deve-se atentar para a seguinte convenção de sinais: acompanhando-se o sentido de propagação dos raios luminosos, adota-se sinal positivo para os raios das superfícies convexas encontradas e sinal negativo para os raios das superfícies côncavas. Assim, para uma lente biconvexa, se R_1 for considerado positivo, R_2 será negativo e a expressão (1) resultará em:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_L - n_m}{n_m} \left[\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{(n_L - n_m)d}{n_L R_1 R_2} \right] \quad (2)^1$$

Da expressão (2) verifica-se que lentes biconvexas feitas de material com índice de refração maior que o índice de refração do meio em que estão imersas ($n_L > n_m$) apresentam distância focal positiva e a lente é convergente. Entretanto, se o seu índice de refração for menor que o do meio em que está imersa ($n_L < n_m$), a distância focal torna-se negativa e ela irá divergir os raios luminosos, ao invés de convergi-los.

Uma demonstração para verificar experimentalmente esse comportamento pode ser facilmente executada, em aula, com a ajuda de um laser de semicondutor de baixa potência, conhecido como “laser pointer”. Atualmente, esse tipo de laser é relativamente barato e bastante difundido, podendo ser encontrado no formato de uma pequena caneta em muitas lojas.

II. Material

Além do “laser pointer”, será necessário um pequeno aquário de vidro ou de acrílico (temos usado um com dimensões de 13 cm x 16 cm x 28 cm) e uma lâmpada de bulbo transparente². A lâmpada deve ser previamente preparada, eliminando-se a estrutura interna que prende seu filamento, uma vez que somente seu bulbo será utilizado. Para isso, deve-se envolvê-la totalmente com um pano (que irá proteger as mãos, no caso da lâmpada partir-se acidentalmente). Em seguida, usando um alicate ou uma pequena torquês, quebra-se o isolante preto vitrificado que existe em sua rosca metálica, retirando-o totalmente. Depois disso, com a ponta de uma chave de fenda, deve-se romper e fragmentar, cuidadosamente, a estrutura interna que mantém o filamento e removê-la.

¹ Para lentes chamadas de finas (cujas espessuras podem ser consideradas pequenas em relação, por exemplo, aos raios de curvatura das superfícies esféricas), a expressão (2) reduz-se à forma usualmente encontrada em livros destinados ao ensino médio:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_L - n_m}{n_m} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

² Uma alternativa para substituir o aquário é usar um vidro de boca larga (por exemplo, os usados para embalar azeitonas, palmito ou maionese). Nesse caso, deve-se escolher uma lâmpada pequena, cujo bulbo passe pela boca do vidro (por exemplo, uma lâmpada de 15 W).

III. Procedimento

A demonstração deve ser preparada e executada da seguinte forma: inicialmente, coloca-se água (cujo índice de refração vale 1,33) até cerca de 2/3 do volume do aquário. Para tornar visível a trajetória da luz do laser, pode-se pingar duas gotas de leite ou utilizar uma quantidade bem pequena de tinta guache branca e agitar a água, para que ela fique esbranquiçada e levemente turva. Se for necessário tornar ainda mais visível o efeito, pode-se escurecer o ambiente ou envolver a montagem com um pedaço de papelão.

Em seguida, coloca-se glicerina (que pode ser adquirida em farmácias e supermercados) no bulbo da lâmpada, obtendo-se uma lente biconvexa de índice de refração igual a 1,46. O bulbo deve ser imerso na água (de preferência próximo da parede lateral do aquário), configurando-se uma situação em que $n_L > n_m$. Segurando-se o “laser pointer” ligado, deve-se posicioná-lo próximo da parede externa do aquário e apontar sua luz para o bulbo imerso. Em seguida, deslocar lentamente a luz do laser, paralelamente ao fundo do aquário, para cima e para baixo. Observa-se que a lente faz convergir o raio luminoso para um ponto situado dentro do aquário (Fig.1), indicando que sua distância focal é positiva³.

Após isso, retira-se a glicerina do bulbo da lâmpada, deixando somente ar em seu interior. Dessa forma, obtém-se uma lente biconvexa, cujo índice de refração é aproximadamente igual a 1. Imergindo-a na água, consegue-se uma situação em que $n_L < n_m$. Repetindo-se o procedimento com a luz do laser, verifica-se que a lente desvia o raio luminoso para fora do aquário, mostrando que agora sua distância focal é negativa (Fig.2).

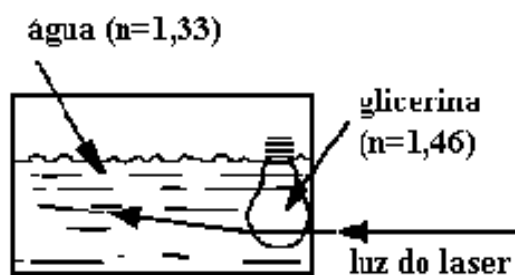


Fig.1- A lente de glicerina imersa na água faz convergir a luz do laser.

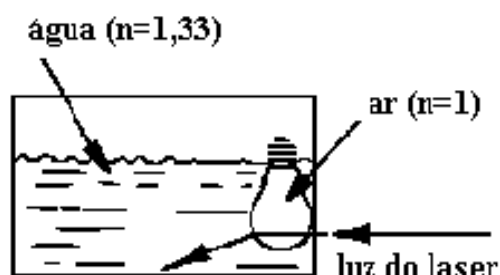


Fig. 2 - A lente de ar imersa na água diverge a luz do laser.

³ Se estiver sendo utilizado um vidro de boca larga, o trecho visível da trajetória do laser será pequeno. Embora seja possível perceber que a luz converge, não se consegue visualizar o ponto de convergência.

IV. Conclusão

A demonstração proposta é fácil de ser executada em sala de aula. Ela permite verificar que a natureza de uma lente biconvexa depende dos valores dos índices de refração do material constituinte da lente e do meio em que ela está imersa. O experimento é suficientemente motivador para que os alunos sejam estimulados a pensar um pouco mais sobre a equação dos fabricantes de lentes, discutindo o que deve acontecer com os demais tipos de lentes esféricas, com o propósito de generalizar o comportamento que acabaram de ver.

V. Bibliografia

1. HECHT, E., ZAJAC, A. *Optics*. 3.ed. London:Addison-Wesley, 1997. 694p.
2. 2.MATVEEV, A N. *Optics*. Moscow: MIR, 1988. 446p.