

---

# 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<sup>[1]</sup> e Matveev<sup>[2]</sup>, 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 transparente<sup>2</sup>. 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.

---

<sup>1</sup> 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:

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

<sup>2</sup> 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 positiva<sup>3</sup>.

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).

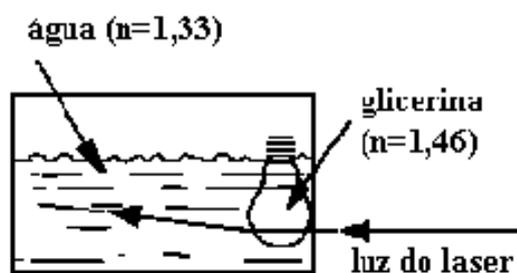


Fig.1- A lente de glicerina imersa na água faz convergir a luz do laser.

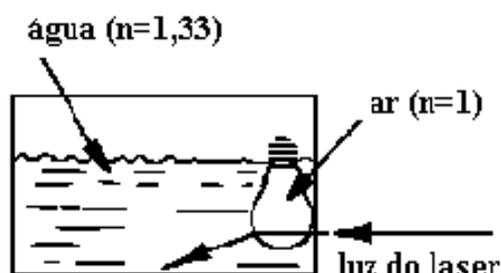


Fig. 2 - A lente de ar imersa na água diverge a luz do laser.

---

<sup>3</sup> 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. MATVEEV, A N. *Optics*. Moscow: MIR, 1988. 446p.