

Lentes Esféricas: Uma Demonstração para Alunos do Segundo Grau

(Spherical lenses: A demonstration for high school students)

L. Misoguti, C. R. Mendonça, A. M. Tuboy, R. Habesch, V. S. Bagnato,
Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

Trabalho recebido em 12 de novembro de 1996

One of the most important applications of the refraction of light in material media is the functioning of spherical lenses. High School Physics teachers usually show the spherical lenses equation and the procedure for tracing the principal beams paths, with no practical illustrations, which would make these concepts less abstract. The importance of the refraction of light and the intuitive mounting of the lenses equations is almost never brought up. To treat this in an easy and agreeable manner, for the students, we have elaborated a demonstration made on a vertical panel, where light beams and the functioning of spherical lenses can be visualized, as well as its intimate connection with refraction, can be understood in a simple manner.

Uma das mais importantes aplicações da refração da luz em meios materiais é o funcionamento de lentes esféricas. Normalmente os professores dos cursos de Física no segundo grau ensinam a equação das lentes esféricas e a maneira de realizar o traçado dos feixes principais, sem utilizar ilustrações práticas, que tornariam a idéia desses conceitos muito menos abstrata. A importância da refração da luz e a montagem intuitiva da equação das lentes quase nunca é abordada. Para tratar este ponto de uma forma fácil e agradável para o estudante, elaboramos uma demonstração feita num painel vertical, onde raios de luz podem ser visualizados e o funcionamento das lentes esféricas, bem como sua íntima conexão com a refração, podem ser entendidos de forma simples.

Aparato Experimental

O painel é feito de madeira pintada com tinta branca fosca e tem dimensões de 1.2m de altura por 3.5m de comprimento. A fixação de lentes e outros objetos ópticos é feita através de quatro faixas de velcro, colocadas tanto no painel quanto nas lentes. Para produzir os raios de luz usamos um projetor de *slides* (Kodak ou outro) que é fixado verticalmente. Na frente do projetor coloca-se um obstáculo com fendas horizontais e uma lente de modo a produzir feixes paralelos colimados. A incidência rasante dos feixes no painel vertical branco permite sua perfeita visualização. A Fig. 1 mostra o painel, o projetor e a visualização dos raios.

As lentes, os prismas e o bloco são feitos em acrílico espesso (5 cm de espessura) e têm alturas variadas, tipicamente 50 cm. Como as demonstrações estão restritas ao plano do painel as lentes são cilíndricas.

A seguir descrevemos os experimentos realizados para demonstrarmos a equação e o princípio de funcionamento das lentes esféricas.

A Lei das Lentes

Para que o aluno entenda o funcionamento das lentes esféricas, é importante que primeiro ele conheça as leis básicas da refração. Começando com os raios paralelos, mostramos que o bloco de faces paralelas apenas desvia lateralmente os feixes, não produzindo desvio angular (Fig. 2). Em seguida deve ficar claro para o estudante a necessidade do desvio angular se quisermos o efeito lente.

O dispositivo óptico mais simples capaz de causar desvio angular nos feixes de luz é o prisma. Assim, começamos demonstrando o desvio causado por um

prisma como mostra a Fig. 3. Nesta demonstração é importante discutir de uma forma geral a lei de desvio nos prismas. Após mostrar a capacidade do prisma em desviar angularmente os feixes, selecionamos dois dos varios feixes de luz paralelos e usamos dois prismas como no esquema da Fig. 4. Desta forma mostramos que podemos fazer feixes inicialmente paralelos convergirem para o mesmo ponto.



Figura 1. Foto do painel mostrando o projetor de slides, a lente colimadora, o obstáculo com fendas horizontais e os feixes que são traçados no painel.

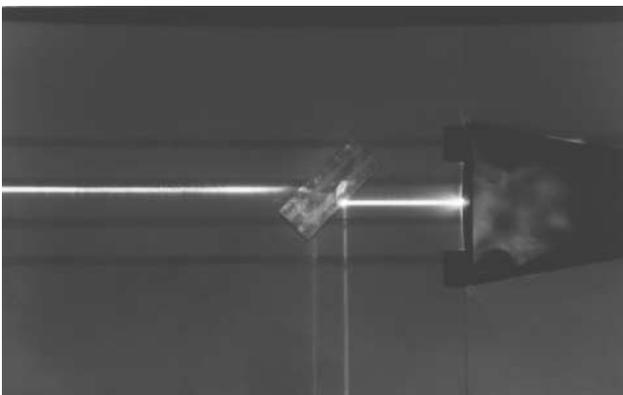


Figura 2: Desvio lateral produzido por um bloco de faces paralelas.

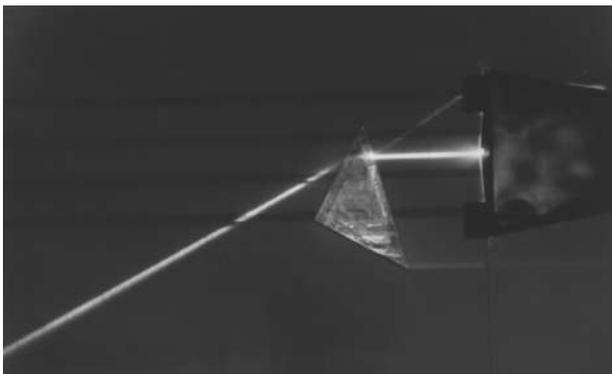


Figura 3: Desvio angular produzido por um prisma.

Com esta demonstração, o aluno começa a entender a necessidade de termos as faces não paralelas para produzirmos a convergência. Neste ponto realizamos uma outra demonstração utilizando uma “lente” constituída de seções planas, como se tivéssemos juntado vários prismas de ângulos diferentes (Fig. 5). Desta forma podemos explicar ao estudante que infinitas destas facetas formam uma curva que da origem a lente. Esta explicação é acompanhada de uma demonstração no painel vertical com uma lente esférica completa, como mostra a Fig. 6, onde todos os raios paralelos convergem para um mesmo ponto. Com isto mostramos como funcionam as lentes e introduzimos a equação das lentes

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$$

onde f = foco, n o índice de refração e R_1/R_2 os raios de curvatura das superfícies da lente. Esta equação mostra dois aspectos importantes nas lentes: a geometria e o meio com índice de refração diferente de 1. Para mostrarmos a importância destes dois aspectos, construímos uma lente biconvexa oca feita com um fina placa de acrílico. Esta lente tem a forma geométrica adequada mas não tem $n \neq 1$. Quando atravessada por um feixe de raios paralelos, estes não sofrem desvio, mostrando que só a existência das superfícies curvas não é suficiente para a produção de uma lente. Em seguida a lente oca é lentamente preenchida com água, como mostrado a Fig. 7. Nota-se que a medida que o nível da água vai subindo e cobrindo os raios eles vão curvando-se sequencialmente, demonstrando claramente a necessidade do $n \neq 1$ para termos o efeito esperado da lente. A água ($n \cong 1.33$) é então retirada e colocamos um óleo de maior índice de refração ($n \cong 1.55$), mostrando que neste caso o foco é alterado como previsto pela equação das lentes.

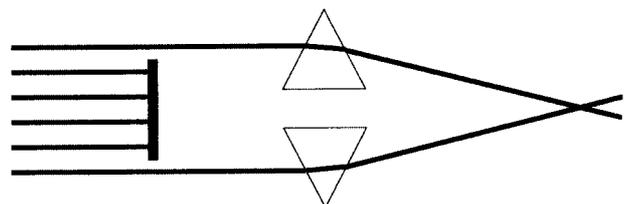


Figura 4: Esquema de desvio de dois feixes paralelos para um mesmo ponto utilizando dois prismas.

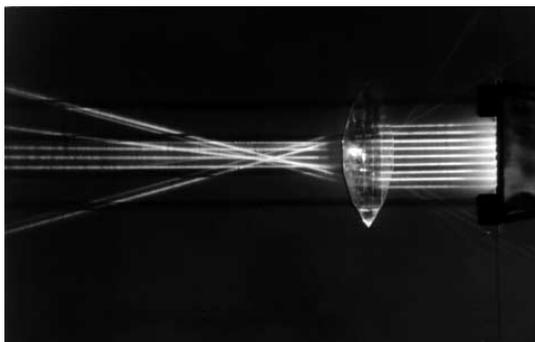


Figura 5: Desvios angulares produzido por uma “lente” de secções planas.

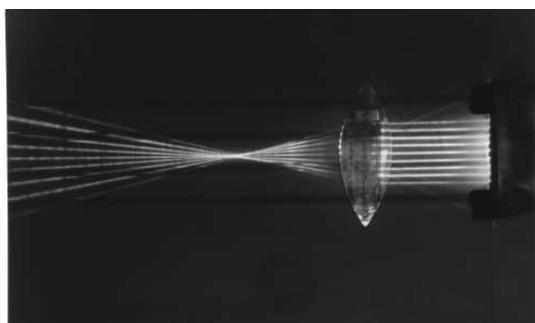


Figura 6: Foto de uma lente esférica desviando os feixes paralelos para o ponto focal.

A seguir demonstramos visualmente o comportamento de diferentes tipos de lentes. Para isso usamos um conjunto de lentes esféricas tipo biconvexa e planoconvexa, divergentes e convergentes. Tais lentes são mostradas na Fig. 8.

Dispositivos Ópticos

O painel vertical e as lentes gigantes são excelentes para demonstrar o efeito de combinação de lentes, produzindo por exemplo, um telescópio ou um microscópio. Esse painel é utilizado também para demonstração de

muitos outros efeitos associados a óptica refrativa como por exemplo guiamento de luz (efeito fibra óptica), aberrações em lentes, dispersão cromática (efeito arco-íris), reflexão total, etc.

As várias demonstrações feitas no painel vertical estão mostradas num vídeo educativo elaborado pelo Grupo de Óptica e a disposição dos interessados.

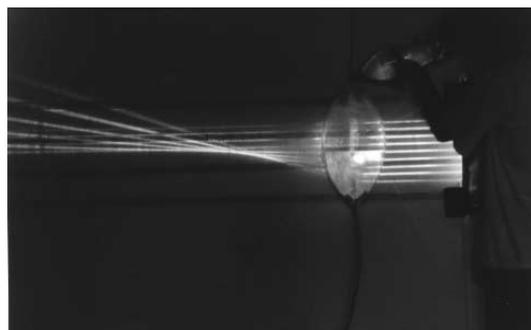


Figura 7: Foto da lente oca sendo preenchida com água, onde pode-se observar os raios inferiores, que atravessam a água, sendo desviados, enquanto os demais continuam a trajetória sem sofrer desvio.

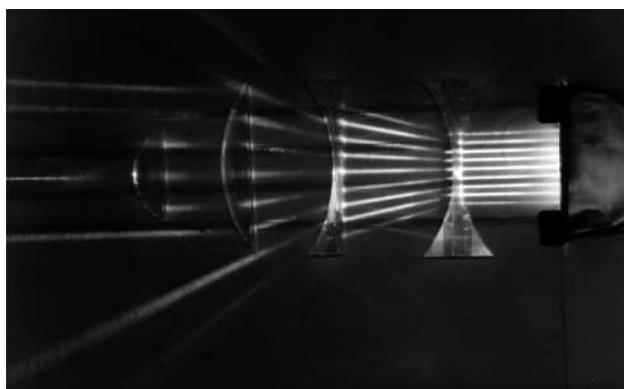


Figura 8: Conjunto de lentes esféricas usadas para ilustração.