

Jorge Roberto Pimentel
André Mauricio Brinatti
Depto. de Física – UNESP
Rio Claro – SP

I. Introdução

O estudo da Ótica Geométrica no Ensino Médio pode ser direcionado para despertar o interesse dos alunos pelo ambiente que os cerca, através da identificação e compreensão de fenômenos e instrumentos óticos que fazem parte de seu cotidiano.

Para isso, a parte experimental não deve ser alijada das aulas. A manipulação de líquidos transparentes, espelhos, lentes e prismas, com a obtenção de resultados numéricos e verificação de leis e equações, é importante, e deve ser incentivada.

Em geral, os livros de texto disponíveis que tratam do assunto não trazem a proposição de experimentos, por mais simples que sejam. Por outro lado, as limitações que muitas das escolas secundárias apresentam com relação à disponibilidade de laboratórios, equipamentos, materiais e verbas constituem mais um obstáculo a ser transposto.

Para minimizar esses inconvenientes, o professor e os alunos podem participar do desenvolvimento e montagem de experimentos simples e não dispendiosos, adequados às suas necessidades momentâneas.

Nesse artigo propomos a construção de um conjunto para aulas de ótica, composto de banco ótico, lentes e objeto luminoso. Em sua configuração emprega-se materiais fáceis de serem conseguidos e de baixo custo.

II. Banco ótico

O banco ótico é um dispositivo rígido que permite o posicionamento e medida das posições relativas de objetos luminosos, espelhos, anteparos e fendas. Seu uso mais freqüente é na determinação de distâncias focais, principalmente de lentes esféricas, em que se utiliza a forma Gaussiana de equação de lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}, \quad (1)$$

no qual:

f = distância focal da lente,

p = distância do objeto luminoso até a lente,

q = distância da lente até a imagem do objeto, formada num anteparo.

II.1. Material necessário

- 90 cm de tubo PVC, para rosca (parede grossa), com diâmetro de 2 ½’’;

- 2 peças de peroba com 15 cm de altura, 10 cm de comprimento e 5 cm de largura.

O tubo sugerido tem diâmetro interno de 50 mm, permitindo que as lentes, cuja construção é descrita mais adiante, se encaixem perfeitamente, centralizando-se com os demais componentes do conjunto ótico.

II.2. Procedimento

O tubo deve ser cortado longitudinalmente em sua metade (usar uma serra, por exemplo, para essa finalidade), de modo a se obter o formato de calha. Em seguida eliminam-se as rebarbas que tenham ficado nas bordas. Como resultado obtém-se duas calhas que poderão ser usadas para dois bancos óticos.

A calha obtida deve ser montada nos suportes (peças de peroba), que darão a estabilidade mecânica necessária à utilização do conjunto ótico. Ela pode ser disposta nos suportes de duas maneiras:

1) presa num encaixe semicircular feito no topo dos suportes adequados ao diâmetro externo da calha;

2) presa por meio de parafusos atarrachantes, colocados internamente à mesma, e usando o topo plano dos suportes.

Em ambos os casos, após o uso, o conjunto poderá ser desmontado facilmente.

III. Objeto luminoso

A dificuldade de se conseguir um objeto com luminosidade suficiente para produzir e projetar sua imagem através das lentes é contornada da maneira

usual nos bancos óticos: emprega-se o filamento de uma lâmpada incandescente para funcionar como objeto nos experimentos.

III.1. Material necessário

- uma lâmpada de 5 W, com diâmetro do bulbo de 35 mm (bulbo transparente);
- 8 cm de tubo de PVC, para rosca (parede grossa), diâmetro de 2'';
- soquete para a lâmpada;
- fios para ligação.

III.2. Procedimento

A lâmpada deve ser rosqueada no soquete (com os fios de ligação já instalados) e montada dentro do tubo de PVC.

As características do tubo (diâmetro interno de 38 mm) e da lâmpada que sugerimos (diâmetro de bulbo 35 mm) permite que a mesma seja encaixada, centralizando seu filamento com o eixo do tubo. O diâmetro externo do tubo (50 mm) adapta-se perfeitamente à dimensão interna do banco ótico.

A baixa potência da lâmpada fornece luminosidade suficiente para a formação de imagens, sem provocar o aquecimento exagerado do tubo que a envolve. Dessa forma o conjunto pode ser utilizado com segurança numa aula experimental.

IV. Lentes e anteparo

As lentes são constituídas por meios translúcidos de formato curvo (esférico, cilíndrico ou outros) que ficam imersos em algum meio transparente (em geral o ar).

A trajetória de um raio luminoso que incide nas superfícies de separação de uma lente é determinada por características geométricas da lente, bem como pela diferença entre os índices de refração dos meios constituintes dos dióptros. Esse tipo de comportamento é descrito pela fórmula de Descartes para lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{(n - n_0)}{n_0} \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right], \quad (2)$$

no qual:

f = distância focal da lente

n = índice de refração do material constituinte da lente
 n_0 = índice de refração do meio em que a lente está imersa
 R_1, R_2 = raios de curvatura das faces da lente.

Havendo convergência do raio luminoso para algum ponto do eixo óptico principal, a lente é dita convergente e sua distância focal é positiva. Caso contrário diz-se que ela é divergente tendo distância focal negativa. Note que esses caracteres podem mudar (para uma mesma lente), pela simples mudança do meio de imersão da lente.

IV.1. Material necessário

- 15 cm de tubo PVC, para rosca (parede grossa), com diâmetro de 2”;
- 6 vidros de relógio, com diâmetro de 40 mm (usados em vidraria de Química);
- 2 círculos de vidro plano, de 2 mm de espessura, com 40 mm de diâmetro (cortados em uma vidraçaria);
- 1 folha de lixa nº 120;
- adesivo epóxi (Araldite);
- 1 círculo de cartolina branca, com 40 mm de diâmetro;
- água destilada e/ou glicerina;
- seringa descartável.

IV.2. Procedimento

Cortar o tubo (com auxílio de uma serra, por exemplo) obtendo 5 anéis de 2 cm de largura (aproximadamente). Aparar as rebarbas.

Numa superfície plana (tampo de mesa, placa de vidro) colocar a lixa. Fazendo movimentos em “8” com o anel sobre ela, procurar deixar a superfície cortada o mais uniforme possível.

Em algum ponto, ao longo da largura do anel, fazer um pequeno orifício que permita a introdução da agulha da seringa descartável.

O passo seguinte refere-se à colagem das superfícies de vidro nos anéis. As superfícies de contato devem estar limpas. Para tanto, limpar os anéis de PVC e os vidros com álcool. Em seguida, juntar aos anéis os vidros de relógio e os círculos de vidro plano, fixando-os, por exemplo, com fita adesiva. Deverão ser dispostos vidros planos e curvos de modo a se obter 4 tipos de lentes, a saber: plano convexa, biconvexa, plano côncava e bicôncava. Aplicar nas bordas dos vidros o adesivo epóxi. O excesso deve ser retirado com um algodão embebido em álcool ou acetona, aproveitando-se para melhorar o acabamento externo da

colagem.

Após aguardar-se o período de cura do adesivo (cerca de 24 horas), os anéis podem ser preenchidos com líquidos injetados através dos orifícios feitos para tal finalidade. Completada a operação, os orifícios devem ser vedados com fita adesiva e as lentes assim obtidas podem ser manipuladas.

Fizemos experiências com vários líquidos em nossos anéis (álcool, acetona, detergentes, silicone, óleos, etc.). Os que se mostraram mais adequados, por apresentarem significativa diferença de índice de refração, foram a água destilada (índice de refração é igual a 1,33) e a glicerina (índice de refração igual a 1,46). Além do mais, esses líquidos são baratos, facilmente encontráveis em farmácias e drogarias e não são tóxicos.

A utilização desses líquidos permite que se obtenham distâncias focais diferentes em lentes com as mesmas características geométricas, tal como o previsto pela equação (2).

IV.3. Anteparo

Na construção do anteparo utiliza-se o anel de PVC restante. Em uma de suas faces cola-se o círculo de cartolina branca.

O diâmetro externo das lentes e do anteparo permite que os mesmos se alojem no banco ótico, de forma que se obtém o alinhamento entre os eixos do objeto luminoso, lente e anteparo, permitindo a adequada operação do conjunto.

V. Utilização do equipamento

Na obtenção experimental dos valores de p e q , necessários para que se determine a distância focal da lente a partir da equação (1), dispõe-se no banco ótico o objeto luminoso. Em sua frente coloca-se a lente (ou sistema de lentes) cuja distância focal se quer medir. Posiciona-se o anteparo após a lente e desloca-se o mesmo até obter a imagem nítida do objeto luminoso. Uma vez obtida essa condição, os valores das distâncias p e q são medidos.

É importante ressaltar que a distância p refere-se à separação existente entre o **filamento** da lâmpada e a lente, e assim deve ser medida.

Devemos frisar também que o método requer a formação de uma **imagem real** do objeto luminoso, uma vez que a mesma será projetada no anteparo, permitindo a medida da distância q .

V.1. Lentes convergentes

Esse tipo de lente sempre fornece imagem real para objetos situados além de sua distância focal. A lente e o objeto devem ser dispostos no banco ótico de modo que essa condição seja satisfeita, para que o método possa ser empregado.

V.2. Lentes divergentes

As lentes divergentes sempre fornecem imagens virtuais de objetos reais, independentemente de sua localização. Isso constitui um inconveniente, pois unicamente com essa lente não se consegue projetar a imagem no anteparo.

Para a determinação da distância focal das lentes divergentes por esse método, usamos o processo da justaposição de lentes. Ele consiste em combinar-se uma lente convergente (de distância focal conhecida) com a lente divergente problema, de modo a obter-se um **sistema convergente**.

A distância focal desse sistema é expressa por:

$$\frac{1}{f_s} = \frac{1}{f_d} + \frac{1}{f_c}, \quad (3)$$

no qual:

f_s = distância focal do sistema

f_d = distância focal da lente divergente

f_c = distância focal da lente convergente.

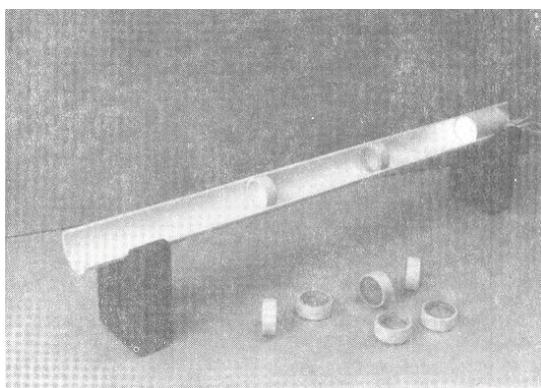
Obtendo-se experimentalmente o valor da distância focal do sistema, f_s , e conhecido o valor da distância focal da lente convergente usada, f_c , calcula-se o valor da distância focal da lente divergente f_d usando a equação (1).

VI. Resultados experimentais

Utilizando a metodologia descrita, obtivemos os seguintes valores para as distâncias focais de nossas lentes:

Meio transparente	Lente	Distância focal
Água destilada (n = 1,33)	plano - côncava	-16,7 cm
	plano - convexa	15,0 cm
	biconvexa	9,0 cm
Glicerina (n = 1,46)	plano - côncava	-10,2 cm
	plano - convexa	13,5 cm
	biconvexa	5,3 cm

A foto mostra o conjunto ótico que descrevemos.



JÁ LHE PERGUNTARAM...

... por que uma bola de futebol chutada com “efeito” tem uma trajetória curva, desviando-se da direção original?

A bola chutada com efeito adquire movimentos combinados de translação e rotação devido à força e ao torque impulsivos que sobre ela atuaram no chute. Separemos mentalmente esses dois movimentos.

Do ponto de vista translacional, uma bola movendo-se da esquerda para a direita em um meio fluido, o ar, estacionário, é equivalente a uma corrente de ar movendo-se da direita para a esquerda em torno da bola parada. Na Fig. 1 estão representadas as linhas de corrente e a velocidade do ar em dois pontos.