

ESCOLHA DA DISTÂNCIA FOCAL DO ESPELHO CÔNCAVO EM EXPERIÊNCIAS DE FOCALIZAÇÃO

DIETRICH SCHIEL

Instituto de Física e Química de São Carlos - USP

Experiências didáticas para determinação de distâncias focais de espelhos côncavos são usualmente realizadas de duas formas. Monta-se, sobre um trilho ótico, um espelho, um pino-objeto e um pino-imagem, procurando determinar em seguida a posição desses elementos para que o pino-imagem coincida com a imagem do objeto, o que é verificado através da ausência de paralaxe. É possível também utilizar um objeto luminoso (vela, filamento) que é projetado em um anteparo móvel, determinando-se a focalização mediante o critério da imagem nítida.

Em ambos os casos a experiência pode ser repetida obtendo-se vários pares de valores para as distâncias espelho-objeto (p_1) e espelho-imagem (p_2) os quais, substituídos na equação dos pontos conjugados,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} \quad (1)$$

deverão permitir a determinação de uma mesma distância focal f .

O nosso objetivo é escolher o espelho mais apropriado para experiências deste tipo. Para isso utilizamos o arranjo esquematizado na Figura 1, composto por um trilho de comprimento finito ℓ e um espelho côncavo de distância focal f (raio de curvatura $r = 2f$). As distâncias são medidas a partir do espelho. Nesse esquema está também representado o ponto P_0 , definido de tal maneira que um objeto colocado em P_0 tem sua imagem formada na extremidade do trilho ótico (oposta ao espelho), representando assim uma situação limite.

Com esse arranjo, colocando-se um objeto na posição P_1 , podem ser obtidas as seguintes situações:

- 1) $p_1 < f$ a imagem se situa atrás do espelho, sendo de difícil localização
- 2) $f < p_1 < p_0$ a imagem se situa fora do trilho ($p_2 > \ell$)
- 3) $p_0 < p_1 < r$ a imagem pode ser localizada em P_2 tal que $r < p_2 < \ell$

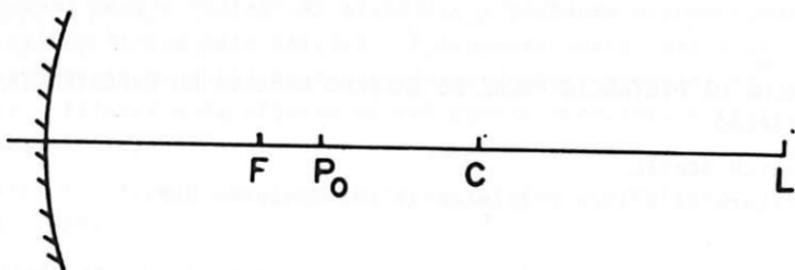


Fig. 1 - Espelho côncavo montado na extremidade de um trilho ótico de comprimento l , onde F é o foco do espelho e C seu centro de curvatura. O ponto P_0 é tal que um objeto colocado nessa posição tem sua imagem formada na extremidade L do trilho.

- 4) $p_1 > r$ obtém-se $p_2 < p_1$. Se usarmos um anteparo, a experiência é irrealizável pois não podemos intercalar o anteparo entre o espelho e o objeto. Se usarmos paralaxe, teremos uma mera repetição do caso (3), invertendo apenas pino-objeto e pino-imagem.

Conclui-se da análise dessas possibilidades que a situação mais apropriada é a do caso (3). Neste caso, dispomos do espaço útil u correspondente a:

$$u = r - p_0 \quad (2)$$

O espelho mais apropriado é aquele em que u é o maior possível. Substituindo os valores indicados e a eq.(2) na eq.(1), obtemos:

$$p_0 = \frac{f l}{l - f} \quad (3)$$

$$u = f \left(2 - \frac{l}{l - f} \right) \quad (4)$$

Para que u seja máximo, impomos que du/df seja igual a zero. Nesse caso, obtemos:

$$2 - \frac{l}{l - f} - \frac{f l}{(l - f)^2} = 0 \quad (5)$$

A resolução desta equação nos fornece os dois valores possíveis de f que tornam u máximo:

$$f = (1 \pm \sqrt{1/2}) \ell \quad (6)$$

Observamos que com o sinal positivo a (6) carece de sentido físico, pois necessariamente $f < \ell$. Com o sinal negativo obtemos

$$f = 0,293 \ell \quad (7)$$

Escolhendo f como indicado em (7), teremos o maior espaço útil para colocarmos o pino-objeto satisfazendo a condição (3). Com isso teremos as melhores condições para verificar a eq. (1) através de um número grande de medidas.

Espelhos curvos são fornecidos com valor discreto da distância focal de modo que será improvável encontrarmos um espelho que satisfaça exatamente a relação (7). Na prática, percebe-se que $f > 0,293 \ell$ atrapalha mais o experimentador, pois a imagem inadvertidamente pode sair do trilho com mais facilidade do que se for $f < 0,293 \ell$. Para fins de uso bastará lembrar que espelhos cuja distância focal esteja entre 10% e 30% do comprimento do trilho convêm a experiências de focalização. Conforme se nota na Tabela 1, o máximo da função $u(f)$ não é acentuado.

f (cm)	10	20	23,4	25
u (cm)	9,6	13,3	13,8	13,6

TABELA 1 - Valores de u e f para um trilho óptico de comprimento $\ell = 80$ cm. O valor de $f = 23,4$ cm satisfaz à eq. (7).

Acreditamos que este pequeno trabalho, além de ser de utilidade a quem projete experiências didáticas em ótica, constitui um exemplo interessante para a discussão física de uma função que, aliás, pode ser levada um pouco além do aqui apresentado.

Agradeço aos colegas Edmir Jesus Nania e Miriam Regina Xavier de Barros da Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural do IFQSC-USP que, por ocasião do preparo de um curso de férias para alunos do 2º grau, levantaram a discussão do problema que levou à solução aqui apresentada.