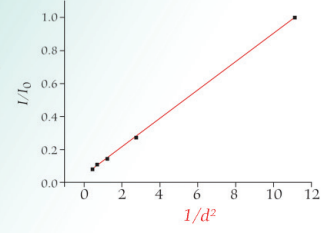




Simple demonstração da lei do inverso do quadrado da distância em sala de aula



M. Lacerda

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail:

A.C.F. Santos

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: toni@if.ufrj.br

Introdução

A grande maioria dos alunos no ensino médio se encontram cognitivamente no chamado nível operacional concreto [1]. No entanto, muitas aulas espositivas exigem do aluno um nível mais avançado, o nível operacional formal, exigência esta reforçada em várias escolas brasileiras, onde desenhos e equações no quadro negro substituem as demonstrações práticas. Vivemos num país onde o caráter elitista da ciência faz com que qualquer atividade que faça uso das mãos seja visto como destinado apenas às classes menos favorecidas. É prática comum aulas de exercícios substituírem laboratórios e demonstrações. Demonstrações concretas ajudam aos estudantes a entender mais profundamente o que e fazer ciência.

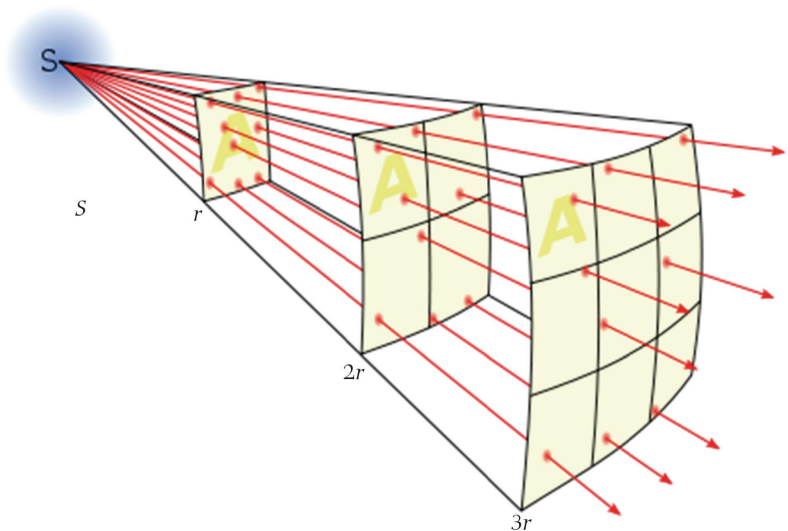
A lei do inverso do quadrado da distância aparece diversas vezes em física. No entanto, muitos estudantes apresentam dificuldades com esta relação. Qualquer fonte pontual que espalha sua influência igualmente em todas as direções sem limi-

tação espacial, vai obedecer à lei do inverso do quadrado da distância. Isto vem de considerações estritamente geométricas, conforme ilustrado na Fig. 1. A intensidade da influência, em qualquer raio r é a intensidade da fonte dividida pela área da esfera.

Na proposição 9 do Livro 1 de *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur* de 1604 [2], o astrônomo Johannes Kepler argumentou que difusão da luz a partir de uma fonte pontual segue a lei do inverso do quadrado da distância, ou seja

$$I \propto \frac{1}{r^2} \quad (1)$$

Sendo estritamente geométrica na sua origem, a lei do inverso do quadrado se aplica a diversos fenômenos. Fontes pontuais de força gravitacional, campo elétrico, luz, som ou radiação obedecem à lei do inverso do quadrado. A gravitação, é um exemplo de campo que obedece à lei do inverso do quadrado da distância. O campo gravitacional geralmente é apresentado sob a forma mostrada abaixo, que



Como alternativa ao ensino puramente formal e teórico, apresentamos uma prática na qual os alunos participam ativamente. A prática não exige nada mais do que um projetor de slides, equipamento disponível na maioria das escolas para demonstrar a lei do inverso do quadrado da distância em sala de aula.

Figura 1. Ilustração da lei do inverso do quadrado da distância. Fonte: Borb, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3816716>.

mostra que a intensidade da aceleração da gravidade, g , é expressa por

$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (2)$$

O mesmo é válido para o campo elétrico de uma carga pontual q

$$E = k \frac{q}{r^2} \quad (3)$$

Do mesmo modo, campos de radiação de um fonte pontual, também obedecem à lei do inverso do quadrado. A intensidade I , com respeito a sua intensidade inicial, a uma dada distância da fonte é dada por

$$I = \frac{I_0}{r^2} \quad (4)$$

Uma aplicação cotidiana é a fotografia. Tudo esta baseado na exposição e no posicionamento relativo do objeto a ser fotografado e a fonte de iluminação, conforme ilustrado na Fig. 2. Como podemos

observar, a intensidade da luz é grande nas proximidades da fonte de luz. Assim, para obter uma exposição correta neste caso, é preciso definir a abertura da lente, exemplo F16, de modo a bloquear o excesso de luz.

Se, por outro lado, o objeto a ser fotografado estiver muito longe da luz, então nós definir a nossa abertura para cerca de F4, a fim de deixar mais luz entrar. Assim, ambas as fotografias serão de boa qualidade porque ajustamos nossa câmera para deixar na mesma quantidade de luz para cada uma. Para realçar a exposição do objeto em relação ao cenário, podemos colocar o objeto perto da fonte e o anteparo (cenário) a uma distância maior.

Demonstração

Inicialmente, desenham-se vários pequenos círculos fechados iguais e igualmente espaçados num programa gráfico, por exemplo, no Microsoft Power Point,

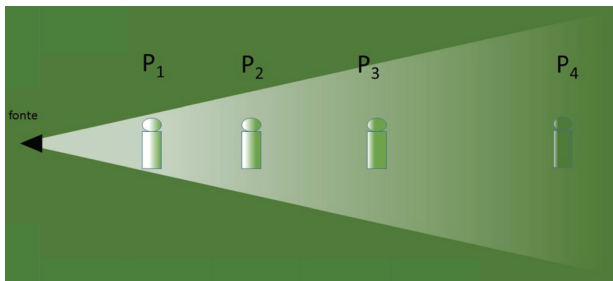


Figura 2. Aplicação da lei do inverso do quadrado da distância em fotografia.

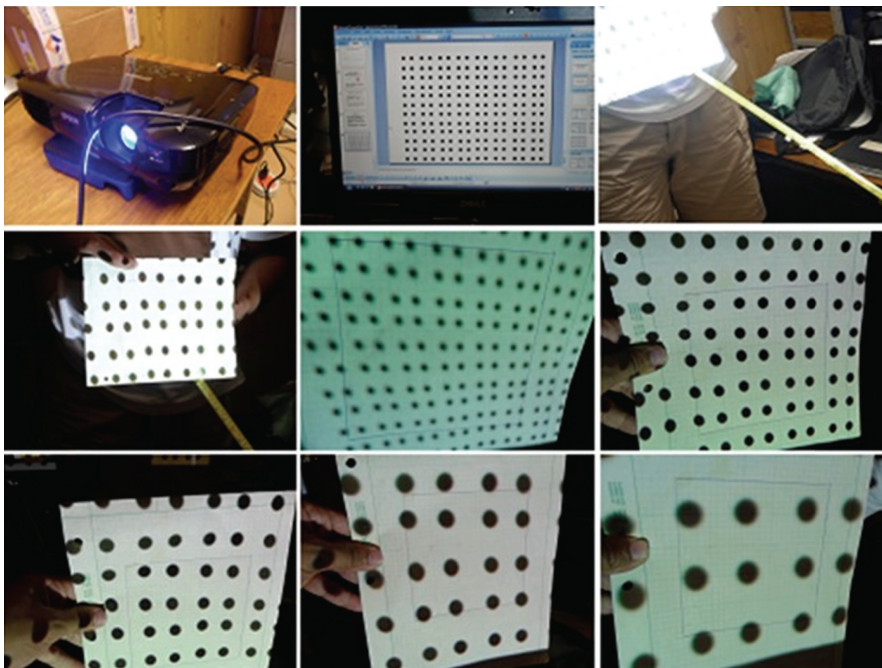


Figura 3. Ilustração do procedimento de medida. A partir da parte superior, da esquerda para a direita, mostra-se o projetor, o desenho dos círculos no Power Point, a medida da distância da folha ao projetor com uma trena, e o número de círculos projetados sobre a folha de papel para várias distâncias.

conforme ilustrado na Fig. 2. Em seguida, com o auxílio de um projetor, projeta-se o desenho numa folha em branco (A4, por exemplo). Utilizando uma trena, e alinhando a folha de papel com o projetor, mede-se a distância da folha ao projetor e conta-se o número de círculos que são projetados sobre a folha de papel. Repete-se a medida para várias distâncias, por exemplo, a cada 30 cm, conforme ilustrado na Fig. 3.

De modo a investigar a possível dependência com a distância, os alunos podem calcular os logaritmos da razão entre o número de bolinhas projetadas e o número de bolinhas inicial e fazer um gráfico em função do logaritmo da distância. Alternativamente, para a análise dos dados, uma vez que os alunos ainda não estão familiarizados com a utilização da escala logarítmica, pode-se fazer o gráfico da razão entre o número de círculos projetados sobre a folha de papel e o número total de círculos projetados em função do inverso do quadrado da distância, conforme ilustrado na Fig. 4.

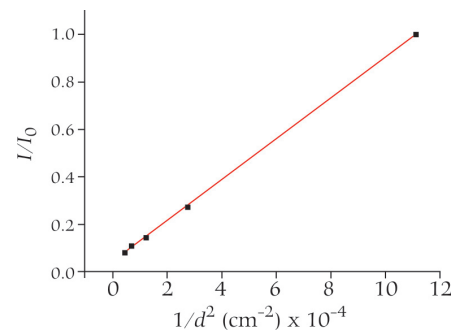


Figura 4. Razão entre o número de círculos projetados sobre a folha de papel (I) e o número de círculos desenhados no Power Point em função do inverso do quadrado da distância da folha de papel ao projetor.

Conclusões

Este exercício fornece uma atividade simples, do tipo descoberta para alunos do nível médio, através da descoberta da lei do inverso do quadrado da distância. Para alunos com familiaridade com funções logarítmica e exponencial, gráficos do tipo log-log podem ser utilizados.

Referências

- [1] A.B. Arons, *Teaching Introductory Physics* (John Wiley and Sons, New York, 1997).
- [2] O. Gal and R. Chen-Morris, *History of Science* **43**, 391 (2005).