

Fotografias Estroboscópicas

Em uma “brincadeira” infantil de se tentar ver quem conseguiria fazer com que uma bolinha de tênis alcançasse a maior altura após ricochetear no chão, levantou-se em nosso clube de ciências a seguinte questão: “seria possível fotografar o momento exato em que a bolinha estivesse no ponto mais alto de sua trajetória, para que se pudesse descobrir essa altura?”. Depois de muito pensar e analisar como funciona uma máquina fotográfica, chegamos à conclusão de que com o auxílio de uma lâmpada estroboscópica obteríamos o que desejávamos: o registro da trajetória de objetos em movimento. Estávamos prestes a entrar no mundo da estroboscopia.

Mas o que é estroboscopia? A estroboscopia consiste da observação de um fenômeno muito rápido com o auxílio de um aparelho que o ilumina, com clarões breves e periódicos, registrando suas posições sucessivas. Esse aparelho, conhecido como lâmpada estroboscópica, pode ser adquirido por um preço razoável em lojas que fornecem equipamentos para festas. No entanto, para diminuir ainda mais os custos, construímos a nossa própria lâmpada estroboscópica seguindo o circuito mostrado na Figura 1. Utilizamos um farol de Fusca como direcionador e refletor da luz estroboscópica. Este circuito possibilita o controle da frequência de acendimento da lâmpada (ajuste do pisca-pisca), por meio de um potenciômetro.

Para calibrarmos a luz estroboscópica (medir sua frequência), utilizamos um outro circuito, que consiste de um resistor em série com um LDR (resistor variável com a luz), alimentados por uma fonte DC (Figura 2). Colocamos o LDR perto da lâmpada estroboscópica, e a cada acendimento desta há um pulso de tensão sobre o resistor que pode ser muito bem visualizado através de um osciloscópio. Medindo-se - pelo osciloscópio

.....
Rafael Antonio da Silva Rosa,
Rodrigo Roversi Rapozo e Thiago
Matias de Carvalho
 Instituto Tecnológico de Aeronáutica /
 Clube de Ciências Quark, São José dos
 Campos - SP
 www.clubequark.cjb.net

Marcelo Magalhães Fares Saba
 Instituto Nacional de Pesquisas
 Espaciais / Clube de Ciências Quark
 msaba@dge.inpe.br

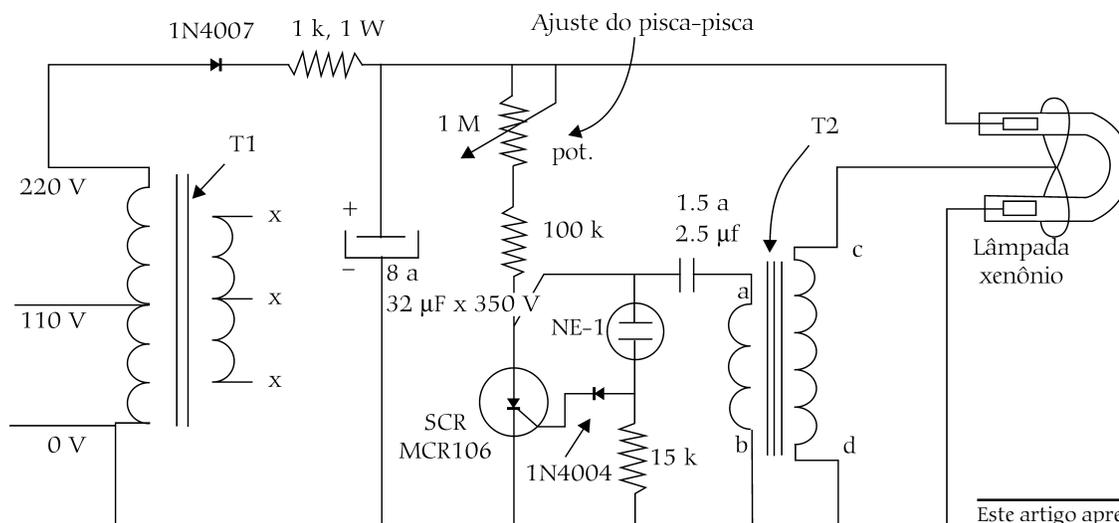


Figura 1. Circuito da lâmpada estroboscópica.

Este artigo apresenta, de forma simples, como registrar a trajetória de um corpo em movimento.

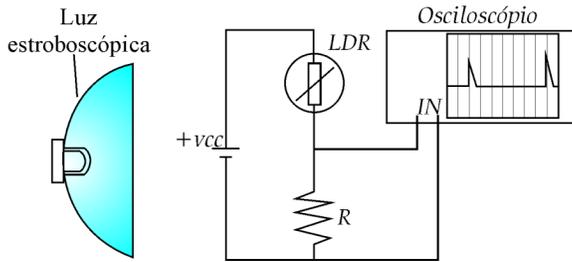


Figura 2. Circuito de calibração da lâmpada estroboscópica.

- o intervalo de tempo entre dois pulsos, tem-se a frequência.

E, finalmente, para fotografar os fenômenos estroboscópicos, colocamos a câmara (com controle de tempo de exposição) no modo B (para deixar a lente exposta enquanto o disparador estiver pressionado) e a lâmpada estroboscópica fazendo o papel de “flash” fotográfico. A cada disparo do “flash” (acendimento da lâmpada), o filme fotográfico é sensibilizado, registrando o objeto em movimento em uma posição diferente. Assim, temos na mesma fotografia o objeto em várias posições diferentes de seu movimento, como no exemplo da Figura 3, onde observamos uma bolinha de ping-pong.

Com a nossa lâmpada estroboscópica é possível alterar a frequência de acendimento, mas as melhores fotografias foram tiradas a 20 Hz. A Figura 4 ilustra a diferença na fotografia quando não se usa uma frequência adequada: o acendimento estava a 10 Hz e a fotografia não ficou boa.

Finalmente, através dessas fotografias, calculamos algumas grandezas físicas. Procedemos da seguinte forma: no caso da fotografia da Figura 3, medimos o tamanho real da bolinha e o seu tamanho na fotografia, e calculamos a relação de proporção; medimos as alturas atingidas pela bolinha na fotografia, e pela proporção calculamos as alturas reais; como sabíamos a frequência da lâmpada, sabíamos o intervalo de tempo entre duas aparições sucessivas da bolinha; e contando o número de vezes que a bolinha aparecia na fotografia, tínhamos o tempo de subida e de descida. Com as alturas e os intervalos de tempo, obtivemos:

$$f = 20 \text{ Hz} \rightarrow T = f^{-1} = 50 \text{ ms}$$

$$h = gt^2/2 \quad v = gt$$

Para a fotografia da Figura 3 cal-

culamos a gravidade e também o coeficiente de restituição:

$$g = 9,82 \text{ m/s}^2$$

$$e = v_2/v_1 = 0,87$$

Fizemos esse mesmo procedimento para muitas outras fotografias, como por exemplo a Figura 5, onde temos agora uma bolinha de tênis, em uma das mais bonitas fotografias desse trabalho.

Nesse caso, achamos:

$$g = 8,94 \text{ m/s}^2 \quad e = v_2/v_1 = 0,74$$

Outras fotografias interessantes foram as do pêndulo simples, onde pudemos calcular a gravidade. Tínhamos o comprimento do fio, medimos o período do pêndulo contando o nú-

mero de vezes que a bolinha aparecia na fotografia e, através da fórmula do pêndulo simples, calculamos a gravidade:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow g = 10,09 \text{ m/s}^2$$

Note que o período de oscilação não depende da altura inicial do pêndulo. Note também que velocidades maiores são obtidas quando a altura inicial da bola é maior.

Resultados

Obtivemos como gravidade média, através de todas as nossas fotografias (nem todas estão neste artigo), o valor

$$g = 9,84 \text{ m/s}^2$$

que mostra a credibilidade do nosso método.

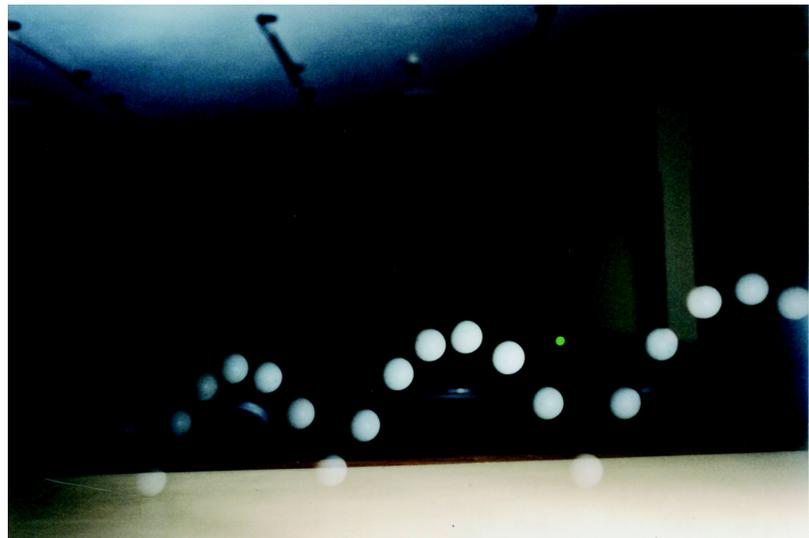


Figura 3. Fotografia estroboscópica (20 Hz) de uma bolinha de ping-pong pingando.

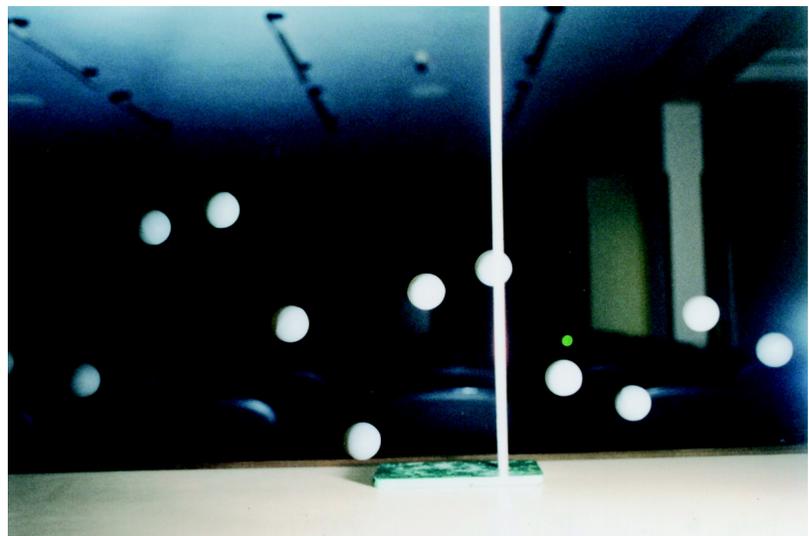


Figura 4. Fotografia estroboscópica (10 Hz) de uma bolinha de ping-pong pingando.

Pode-se perceber também que os valores encontrados para os coeficientes de restituição das bolinhas (ping-pong 0,87; tênis 0,74) são bem coerentes, pois sabemos que uma bolinha de ping-pong ricocheteia mais que uma bolinha de tênis.

Foi possível ainda provar experimentalmente que o período do pêndulo simples não depende de sua altura inicial.

Conclusões

Concluímos com esse trabalho que é perfeitamente possível estudar qualitativa e quantitativamente diversos fenômenos mecânicos de forma fácil e ao mesmo tempo divertida. Por isso esse é um experimento que pode ser usado com fins didáticos em escolas e em clubes de ciências, facilitando o entendimento de diversos tópicos de Física e incentivando a prática da pesquisa científica. Finalmente, sem nenhuma dificuldade nem grandes gastos é possível obter fotos belíssimas de diversos outros fenômenos físicos.

Dicas úteis

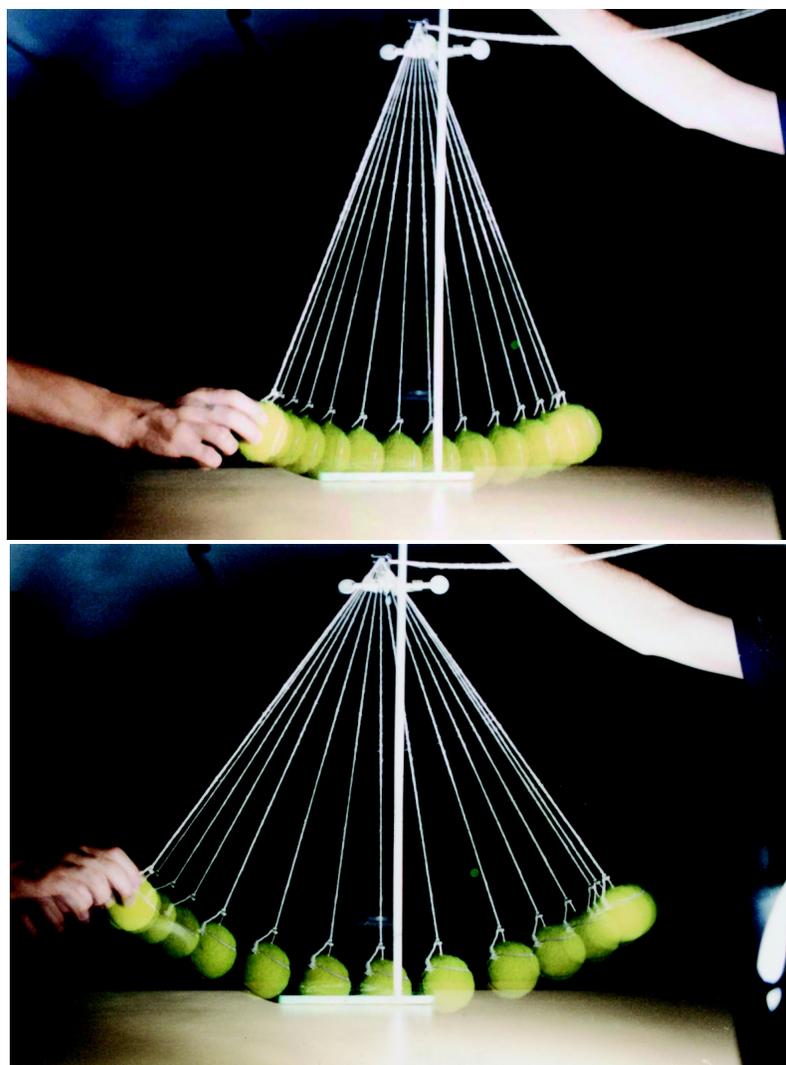
- Dê preferência a filmes de alta sensibilidade (ASA 400) e utilize um tripé para a fixação da câmera.
- Procure fotografar de perto e utilizar um fundo escuro opaco para evitar reflexos da luz do “flash” (lâmpada estroboscópica).
- Se as fotografias ficarem escuras, aproxime a lâmpada estroboscópica ou aumente a abertura do diafragma da câmera.
- Aqueles que não tiverem acesso a um osciloscópio podem calibrar a lâmpada fotografando um pêndulo com período conhecido. Sabendo-se o período, pode-se encontrar o tempo entre as sucessivas posições do pêndulo e a frequência da lâmpada.

Agradecimentos

Agradecemos aos estudantes André de Souza Pires, do Colégio Olavo Bilac, e Bruno Masayoshi Matsumoto e Douglas Bokliang Ang Cunha, ambos do Colégio Poliedro, pela persistência nos encontros semanais do Clube de Ciências Quark, sem a qual não teríamos conseguido realizar este projeto.



Figura 5. Fotografia estroboscópica (20 Hz) de uma bolinha de tênis pingando.



Figuras 6 e 7. Fotografias estroboscópicas (20 Hz) do pêndulo simples com diferentes alturas iniciais.

Referência

www.feiradeciencias.com.br/sala16/16_LE_04.asp (circuito da lâmpada estroboscópica)