



Figura 1 - Disco rígido aberto e disco de alumínio.

Um dispositivo para demonstrar a **levitação magnética**

CARLOS SARAIVA
ESCOLA EB 2, 3 DE VILA FRANCA DAS NAVES

O FENÓMENO DA SUPERCONDUTIVIDADE FOI DESCOBERTO EM 1911 PELO FÍSICO HOLANDÊS HEINE KAMERLING ONNES, QUE CONSEGUIU LIQUEFAZER O HÉLIO A 4 K PARA ARREFECER O MERCÚRIO E VERIFICOU QUE A SUA RESISTÊNCIA ELÉCTRICA ERA NULA A ESSA TEMPERATURA. A SUPERCONDUTI-

VIDADE DESPOLETOU UM ENORME INTERESSE NA COMUNIDADE CIENTÍFICA. OS SUPERCONDUTORES SÃO USADOS EM APARELHOS DE DIAGNÓSTICO MÉDICO (IMAGIOLOGIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA) E NOS ACELERADORES DE PARTÍCULAS, ONDE É NECESSÁRIO OBTER CAMPOS MAGNÉTICOS MUITO INTENSOS.

carlos.saraiva1@gmail.pt

6420-707, Vila Franca das Naves

No futuro, poderão ser utilizados no transporte de energia, evitando as perdas térmicas (efeito Joule), e na construção de computadores ultra-rápidos. Com a descoberta de materiais cerâmicos que se tornam supercondutores, usando o azoto líquido, que é fácil de manipular, como refrigerante (a 77 K), é possível demonstrar o fenómeno da levitação magnética em qualquer escola [1]. A suspensão de um íman de Neodímio-Ferro-Boro sobre um material supercondutor é uma clássica e espectacular demonstração deste fenómeno [2,3]. Há empresas de material didáctico que vendem kits para simular a levitação magnética [4] e na internet há sítios em que é possível visualizar o fenómeno [5]. Actualmente, é possível levitar objectos do dia-a-dia, como por exemplo: sapos, morangos, etc [6]. A levitação magnética também pode ser obtida com um anel metálico (geralmente cobre ou alumínio) colocado no secundário de um transformador. Este aparelho é conhecido na literatura por "Jumping Ring" [7] ou "Anel de Thomson" [8] porque foi construído pelo professor Elihu Thomson em 1887. Ao ligar o enrolamento primário a uma fonte de tensão alternada, a variação do fluxo no núcleo do ferro vai induzir uma corrente no anel metálico. De acordo com lei de Lenz, esta corrente opõe-se à causa que lhe deu origem, e vai produzir um campo magnético repulsivo entre o primário e o anel, o que explica a levitação.

Uma explicação mais detalhada deste fenómeno pode ser consultada na literatura [9]. Outra forma de obter a levitação magnética é colocar um íman por cima de um disco metálico em movimento [10]. Neste artigo, vou explicar como se pode construir um dispositivo para verificar este efeito, usando um computador obsoleto.

CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO

O disco rígido do computador foi aberto para aproveitar o seu motor. Retirou-se o disco que "guarda" a informação e adaptou-se o disco de alumínio (Fig. 1).

O íman foi colado numa extremidade da régua e na outra foi colocado um contrapeso que se pode mover para a equilibrar. Colou-se um tubo de PVC na parte média da régua. O veio fixou-se a um suporte de madeira e introduziu-se no tubo.

DEMONSTRAÇÃO

O íman foi colocado por cima do disco de alumínio, perto da sua periferia, e o contrapeso foi regulado

MATERIAL NECESSÁRIO

Disco rígido de um computador em desuso com respectiva fonte de alimentação
 Placa de alumínio que se cortou para obter um disco
 Íman de Neodímio (Nd), Ferro (Fe) e Boro (B) (retirado do disco rígido)
 Veio de metal
 Régua de plástico, madeira, parafusos, tubo de PVC e cola

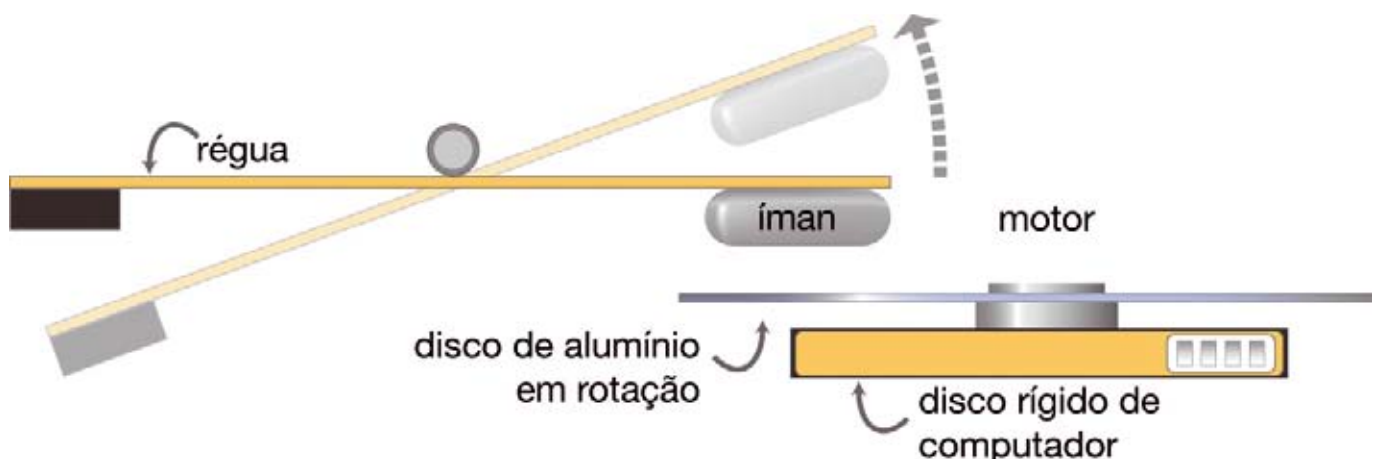


Figura 2 – Esquema do dispositivo.



Figura 3 - Levitação magnética.

para que a régua se mantenha na horizontal. Com o motor do disco rígido desligado a régua não se movimenta. Ao ligar o motor, o disco de alumínio roda, o íman é repellido e a régua sofre inclinação. O dispositivo está esquematizado na Fig. 2, e na Fig. 3 pode ver-se uma fotografia. Com um dedo, ao tentar aproximar o íman do disco, verifica-se que há uma força magnética. É conveniente repetir a demonstração com um disco de material não condutor, por exemplo, de plástico. Neste último caso, os alunos podem concluir que não há levitação magnética.

A inclinação (desvio) do íman depende da intensidade do campo magnético e da velocidade angular do disco. Este efeito é usado em velocímetros de veículos para medir o valor da velocidade.

EXPLICAÇÃO

Ao rodar o disco de alumínio na presença do íman, o fluxo magnético varia e surge uma força electromotriz induzida (Lei de Faraday). As correntes induzidas pelo íman criam no disco um campo magnético que vai opor-se ao campo do íman (Lei de Lenz). O íman fica sujeito a uma força magnética repulsiva (oposta ao seu peso) que o faz levitar (Fig. 3). As correntes induzidas em massas metálicas são geralmente designadas por correntes de Foucault ou correntes de remoinho (*eddy currents*).

TRAVAGEM MAGNÉTICA

Pode fazer-se uma outra demonstração com o mesmo

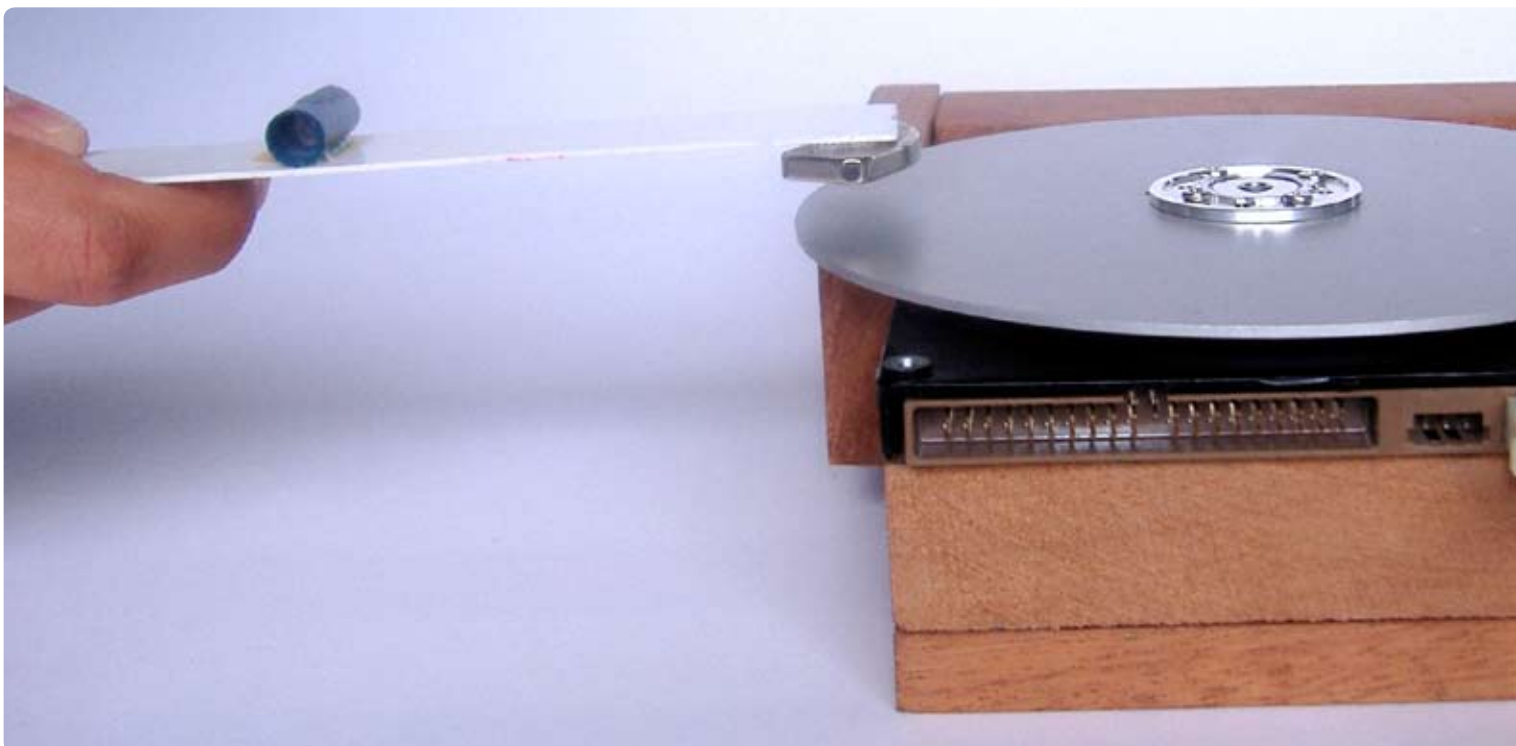


Figura 4 - Travagem do disco de alumínio por acção magnética.

dispositivo, para simular a travagem de peças metálicas por acção de campos magnéticos [11]. Para isso, ligar o motor e esperar que atinja uma velocidade uniforme. De seguida desligá-lo e contar o tempo que demora a parar (demorou aproximadamente 16 segundos). Repetir o procedimento anterior, mas depois de o desligar, aproximar o íman da sua periferia (Fig. 4) e contar novamente o tempo que demora a parar (demorou apenas 3 segundos!). Quando o disco

se movimenta, há regiões que ficam sujeitas a um aumento de fluxo magnético, e outras em que se verifica uma diminuição. O íman induz correntes eléctricas no disco de alumínio em movimento que obedecem à lei de Lenz. Devido à interacção entre as correntes induzidas e o campo magnético do íman, o disco vai parar.. A travagem magnética tem várias aplicações práticas [12,13].

CONCLUSÃO

Este dispositivo pode ser apresentado aos alunos como ponto de partida para pesquisa e aprofundamento do fenómeno da levitação magnética. Na rubrica “Física em acção” do programa do 12º ano [14], sugere-se que os alunos investiguem o fundamento físico do funcionamento deste fenómeno. Pode também ser utilizado no ensino secundário para leccionar a “Indução Electromagnética” (Leis de Faraday e de Lenz).

Os manuais escolares são uma fonte importante de informação tanto para professores como para alunos e reflectem a pedagogia e os métodos de ensino da época [15]. Os manuais de Física actualmente adoptados no 12º Ano fazem referência à levitação magnética mas não propõem qualquer demonstração do fenómeno. A divulgação deste artigo permite que nas escolas seja possível, com recurso a materiais do dia-a-dia, simular este fenómeno de relevância social e tecnológica [16] e de investigação científica muito actual. A levitação magnética é o princípio do funcionamento utilizado em comboios de alta velocidade. Estes comboios

– designados por Maglev – já são usados no Japão e na Alemanha. Os campos magnéticos muito intensos fazem levantar o comboio, não existindo contacto com os carris, o que elimina o atrito, permitindo atingir velocidades da ordem dos 500 km/h [17]. É importante salientar que para realizar esta demonstração é conveniente usar ímanes de Neodímio-Ferro-Boro (Ne-Fe-B) porque criam campos magnéticos bastante intensos e utilizar um motor que rode com uma grande velocidade. O motor do disco rígido roda com 7200-rpm e o íman de Neodímio-ferro-boro (aproveitado do disco duro) cria um campo magnético da ordem dos 0.2 T [18], o que permite realizar esta demonstração. Os ímanes de aço magnetizado usados em laboratórios escolares ou os ímanes de frigoríficos criam campos magnéticos muito menores.

Referências:

- [1] Fernanda Ostermann e Letícia Ferreira, “Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactic approach”, *Physics Education* 41(1), 34-41, (Jan. 2006).
- [2] Masayoshi Wake, “Floating magnet demonstration”, *The Physics Teacher* 28, 395-397 (1990).
- [3] P. J. Ouseph, “Levitation of a magnet over a superconductor”, *The Physics Teacher* 28, 205-209 (1990).
- [4] <http://www.leybold-didactic.de/phk/produkte.asp>
<http://www.wondermagnet.com/superconductor.html>
<http://www.arborsci.com/detail.aspx?ID=700>
<http://www.futurescience.com/sc.html>
<http://www.sciencekit.com/search.asp?t=ss&ss=levitation&c=0>
- [5] <http://www.youtube.com/watch?v=0vKrkhilXns>
- [6] <http://www.hfml.ru.nl/levitation-movies.html>
- [7] Jonathan Hall, “Forces on the jumping ring”, *The Physics Teacher* 35, 80-83 (1997).
- [8] Arthur. R. Quinton, “The ac repulsion demonstration of Elihu Thomson”, *The Physics Teacher* 17(1) 40-42 (1979).
- [9] E. J. Churchill e J. D. Noble, “A demonstration of Lenz’s Law?”, *American Journal of Physics* 39, 285-287 (Mar. 1971); D. J. Sumner e A. K. Thakkrar, “Experiments with a ‘jumping ring’ apparatus”, *Physics Education* 7(4), 238-242 (Maio 1972); P. Ford e R. Sullivan, “The jumping ring experiment revisited”, *Physics Education* 26(6), 380-382 (Nov. 1991).
- [10] Thomas D. Rossing e Jonh R. Hull, “Magnetic Levitation”, *The Physics Teacher* 29, 552-562 (1991).
- [11] Carlos Saraiva, “Demonstrating Lenz’s Law with recycled materials”, *The Physics Teacher* 44,182-183 (2006).
- [12] Carlos Saraiva, “Uma demonstração simples de correntes induzidas em massas metálicas”, *Gazeta de Física* 27(1), 43-45 (2004).
- [13] Carlos Saraiva, “A simple way to teach magnetic braking”, *Physics Education* 42(3), 330-331 (Jul. 2007).
- [14] Esmeralda Cardoso et al., *Projecto de Programa da Disciplina de Física 12º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - Departamento do Ensino Secundário* (2004).
- [15] Carlos Saraiva, Isabel Malaquias e Manuel Almeida Valente, “O electromagnetismo nos manuais de física liceais entre 1855 e 1974”, *Gazeta de Física* 30(2), (2007).
- [16] Ana Serra, Jaime Figueiredo e Diogo Archer, “Metro voador”, *Revista Única do Expresso*, 40-41 (Out.2004).
- [17] Colin Gough, “High temperature superconductors take off”, *Physics Education* 33, 38-46 (1998).
- [18] Carlos Saraiva, “A simple demonstration of Lenz’s Law”, *Physics Education* 41, 288 (2006).