
“LEVITAÇÃO MAGNÉTICA”: UMA APLICAÇÃO DO ELETROMAGNETISMO

Mauro Sérgio Teixeira de Araújo

Paulo Müller

Depto. de Matemática - Universidade Cruzeiro do Sul

São Miguel Paulista - SP

Resumo

Este trabalho propõe a utilização de um dispositivo baseado em um transformador como forma de se ilustrar o fenômeno da “levitação magnética” produzida pela indução de uma corrente elétrica em um anel metálico condutor, colocado como secundário do transformador. A corrente induzida faz com que o anel comporte-se como um dipolo magnético, sendo repelido pelo campo magnético gerado pela corrente que circula no enrolamento primário do transformador. Deste modo, a força de repulsão faz com que o anel possa “levitar”.

I. Introdução

A repulsão entre campos magnéticos de mesma polaridade pode ser facilmente constatada pela aproximação de dois ímãs permanentes, com pólos iguais, adequadamente orientados na direção um do outro. Deste modo, aproximando-se os dois ímãs, é fácil perceber que há uma força repulsiva agindo entre eles, procurando mantê-los afastados. Além de ímãs permanentes, foi descoberto em 1820 pelo físico dinamarquês Hans Christian Oersted que correntes elétricas também são capazes de produzir campos magnéticos. Assim, utilizando-se a Lei de Ampère nas situações em que há simetria ou a Lei de Biot-Savart em situações mais gerais, é possível calcular-se o campo magnético produzido por uma corrente elétrica que circula por um condutor, podendo este condutor ser um fio retilíneo, uma bobina ou mesmo apresentar uma outra configuração.

Neste sentido, um transformador contendo um enrolamento condutor no circuito primário é um exemplo de dispositivo capaz de gerar um campo magnético, quando uma corrente elétrica circula por este enrolamento.

II. Montagem do equipamento

A montagem do equipamento foi feita a partir da construção de um transformador contendo um enrolamento primário de 300 voltas de fio de cobre esmaltado, com diâmetro de 1,0 mm. Este enrolamento foi colocado sobre um núcleo de ferro, e na extremidade deste foi fixado com durepoxi um cano de PVC, com 1 m de comprimento e diâmetro externo de 2,54 cm, para servir de guia para uma argola de alumínio de diâmetro interno de 5 cm e que apresenta uma seção reta quadrada de lado 0,5 cm. No lugar dessa argola é possível utilizar-se algum outro tipo de argola metálica condutora, com massa da ordem de 10 a 20 gramas. O conjunto foi então parafusado sobre uma base de madeira, onde foi fixado um interruptor que permite acionar o dispositivo através da rede de alimentação. Através da medida da massa da argola verificou-se que seu peso era aproximadamente $P = 0,147 \text{ N}$.

A argola de alumínio funciona como enrolamento secundário, sendo colocada ao redor do cano de PVC conforme ilustra a Fig.1, permanecendo em repouso sobre a extremidade superior do suporte do enrolamento primário enquanto o transformador é mantido desligado.

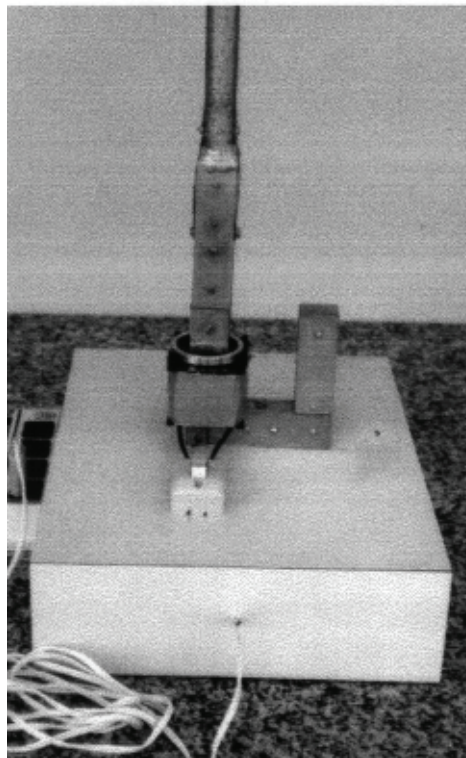


Fig.1 - Transformador desligado, com a argola de alumínio em repouso sobre o enrolamento primário

III. Funcionamento do transformador

Acionando-se o interruptor, a tensão de 110 V da rede de alimentação produz uma corrente alternada no primário do transformador. Desse modo, sendo a corrente alternada, a intensidade do campo magnético produzido oscilará periodicamente no tempo, pois a tensão da rede tem frequência de oscilação de 60 Hz, gerando assim um fluxo magnético alternado Φ_B no núcleo de ferro. Considerando-se o transformador ideal, a lei de indução de Faraday estabelece o surgimento de uma força eletromotriz (fem) induzida por espira (ε_{esp}) dada por:

$$\varepsilon_{\text{esp}} = - \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$$

onde V_P e N_P são a tensão e o número de espiras no enrolamento primário e V_S e N_S os valores correspondentes ao secundário, constituído pela argola de alumínio.

Portanto, a variação do fluxo magnético na argola faz com que apareça ali uma tensão induzida V_S e, conseqüentemente, uma corrente alternada I_S .

Caso a tensão da rede elétrica local seja de 220 V, sugere-se que na confecção do enrolamento primário do transformador seja utilizado o dobro do número de voltas.

IV. A “Levitação magnética” do anel

Alimentando-se o sistema através da tensão alternada da rede elétrica, a corrente induzida na argola metálica faz com que ela se comporte como um dipolo magnético. É possível demonstrar utilizando-se a Lei de Biot-Savart (Halliday, 1996; Tipler 1999), que uma argola condutora de raio R , percorrida por uma corrente elétrica i , produz um campo magnético cujo módulo B em pontos situados ao longo do eixo Z é dado por:

$$B(Z) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(R^2 + Z^2)^{3/2}},$$

onde $\mu_0 = 4 \pi 10^{-7} \text{ T m / A}$ é a constante de permeabilidade magnética.

Deste modo, baseado na Lei de Lenz a corrente induzida na argola deverá produzir um campo magnético de modo a opor-se à variação do fluxo magnético oriundo do enrolamento primário. Assim, a polaridade do campo magnético gerado pela argola é idêntica à polaridade do campo gerado na bobina do primário, resultando então em uma força de repulsão entre ambos que possibilita a

sustentação da argola no ar, equilibrando o seu peso. Esta situação é mostrada na Fig.2 e permite ilustrar, conforme desejado, a “levitação magnética” da argola metálica enquanto o interruptor é acionado.

Cabe aqui ressaltar que, durante o funcionamento do equipamento, a corrente induzida no anel condutor ocasiona o seu aquecimento, de modo que, por questões de segurança, o aparelho deve ser mantido ligado por poucos minutos e, durante este tempo, deve-se tomar o cuidado para que a argola condutora não seja tocada, evitando-se, assim, o risco desnecessário de ocorrer algum acidente com queimaduras.

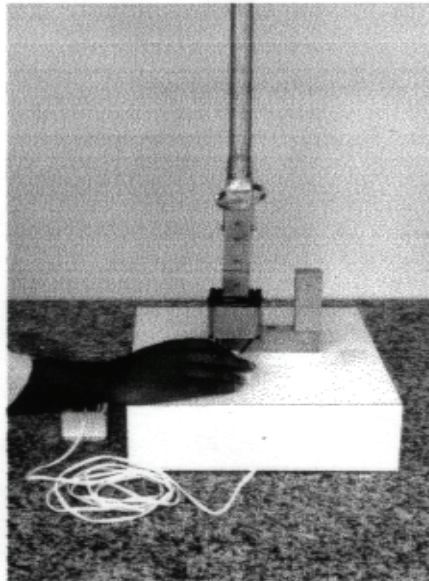


Fig.2 - Acionando o dispositivo demonstra-se a “levitação magnética” da argola de alumínio

V. Conclusões

A partir de um arranjo experimental bastante simples, é fácil demonstrar que o peso de uma argola metálica de alumínio pode ser equilibrado pela ação de forças magnéticas que produzem a sua “levitação”. A ilustração deste fenômeno pode servir como ponto de partida e de apoio para a discussão de alguns importantes aspectos envolvidos com o eletromagnetismo, como a Lei de Indução de Faraday, a Lei de Ampère e a Lei de Lenz.

Nesse sentido, através de um dos autores, foi possível utilizar-se o equipamento aqui descrito em uma situação de sala de aula, com alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública de São Paulo. Na ocasião, constatou-se um forte interesse dos alunos em compreender o fenômeno observado, o que motivou uma intensa participação dos mesmos durante a aula e mesmo posteriormente, à medida que foi solicitado um aprofundamento dos estudos, o qual, acredita-se, tenha

contribuído para que o aprendizado dos conceitos físicos abordados tenha sido mais significativo. Esta abordagem de ensino, que envolve uma atividade de demonstração capaz de propiciar um diálogo aberto entre educadores e alunos e proporcionar maior envolvimento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, assemelha-se à proposta de Carvalho e outros (1999), que sugere a utilização de atividades de demonstração com caráter investigativo como uma das maneiras de se melhorar as condições de ensino de Física.

Por outro lado, o uso do dispositivo permite ainda que seja abordada a utilização do eletromagnetismo em diversas aplicações científicas e tecnológicas, como por exemplo, o transporte de pessoas através de trens que se movimentam baseados no fenômeno físico da “levitação magnética” (Super Interessante Coleções, 2000). Estes trens são denominados “Maglev” devido ao seu princípio de funcionamento e já se encontram em operação no Japão e na Alemanha, onde se deslocam, sem contato com os trilhos, em decorrência da repulsão existente entre seus ímãs supercondutores (Halliday, 1996; Ostermann, 1998) e o campo magnético induzido em eletroímãs nos trilhos. Em virtude de levitarem sobre os trilhos, estes trens podem adquirir grandes velocidades em função da minimização dos efeitos do atrito. A Fig.3¹ ilustra o “Maglev” japonês, que atingiu a impressionante velocidade de 520 km/h!

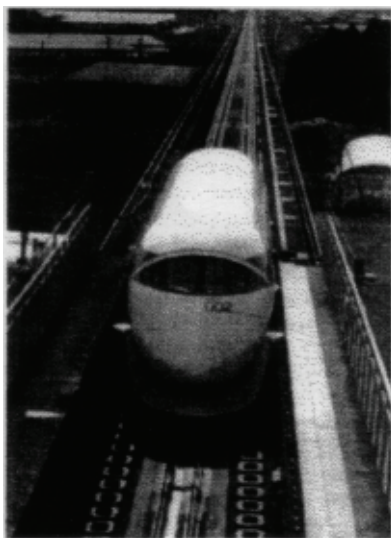


Fig. (3) - Trem “Maglev” japonês deslocando-se acima dos trilhos

¹ Figura extraída do livro “Fundamentos de Física”, vol. 3, dos autores Halliday, D.; Resnick, R. e Walker, J.

VI. Bibliografia

CARVALHO, A. M. P.; SANTOS, E. I.; SANTOS, M. C. P. S.; DATE, M. P. S.; FUJII, S. R. S.; NASCIMENTO, V. B. "Termodinâmica – um ensino por investigação". São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1999.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J. "Física", vol. 3 - 4ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.

OSTERMANN, F. FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. "Supercondutividade - Uma proposta de inserção no ensino médio". Textos de Apoio ao Professor de Física, nº 8, IF-UFRGS, 1998.

Super Interessante Coleções; "Magnetismo – A força que atrai", vol. 12. São Paulo: Editora Abril, 2000.

TIPLER, P. A. "Física", vol.1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 1999.

JÁ LHE PERGUNTARAM... (Resposta da pergunta 4 da página 63)

4) Os raios X são radiação ionizante e, por onde passam, arrancam elétrons formando radicais livres. Os efeitos destes vão desde o envelhecimento até a mutação genética. **A mutação** que é o seu efeito mais grave. **Porém, mas** nem toda **a mutação** produz câncer. O radical livre reage quimicamente com o primeiro elemento que encontra pela frente, **logo ele deve ser** formado no núcleo da célula e próximo ao DNA para causar uma mutação genética. Na maioria das vezes, a mutação é inviável (a célula morre) ou atinge um gene inativo (sem efeitos visíveis). Somente quando o gene mutado faz parte do código reprodutivo da célula, temos uma célula cancerosa, pois a célula mutante só é letal quando se multiplica **desmedidamente** **incontrolavelmente** (característica do câncer). Os raios X não são a principal causa de formação de radicais livres; as causas químicas são bem mais importantes, porém os raios X são mais penetrantes. Enquanto um "conservante" ingerido com um alimento pode causar câncer no intestino, e o cigarro, **pode causar** no pulmão, um fóton de raios X pode produzir o mesmo efeito em qualquer lugar por onde passe. Mas é importante lembrar, a radiação não é a campeã de desenvolvimento de tumores. É mais provável alguém desenvolver um câncer por excesso de sol, alimentação inadequada, cigarro, poluição, estresse, etc., que por uma radiografia. Porém, todas essas causas **ocorrem por nossa vontade, as exposições aos raios X não são por nós determinadas por nós.**

