

*Paulo. H. Dionisio*

*Carmo Heinemann*

*Renato E. Becker*

*René D. Spielmann*

Laboratório de Física e Instrumentação – LAFI

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

São Leopoldo – RS

### **Resumo**

*Descreve-se uma experiência simples, cuja finalidade é evidenciar o fenômeno da indução de uma força eletromotriz devida ao movimento de um objeto condutor na presença de um campo magnético estacionário, tópico este muitas vezes negligenciado nos cursos de Física básica.*

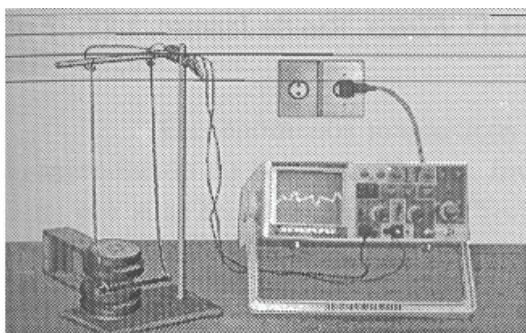
Ao ensinar-se o assunto indução eletromagnética, dá-se, em geral, ênfase especial à chamada Lei de Faraday-Lenz,  $\varepsilon = -d\Phi_B / dt$ <sup>1</sup>. Esta lei descreve o fenômeno da indução de um ponto de vista macroscópica e dela passa-se quase naturalmente à formulação macroscópica  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ , que é a Lei de Faraday na forma integral, uma das quatro Equações de Maxwell. Este tratamento, no entanto, esconde a circunstância de que a Lei de Faraday, tal como é incluída no contexto das Equações de Maxwell, descreve apenas metade dos fenômenos de indução eletromagnética, aqueles em que a força eletromotriz induzida resulta da indução de um campo elétrico por um campo magnético não-estacionário (FEYNMAN, 1977, v. 2, p. 17-1). A outra metade compreende os casos em que a força eletromotriz induzida resulta simplesmente de uma força magnética sofrida pelos portadores de carga em um condutor que se move em um

---

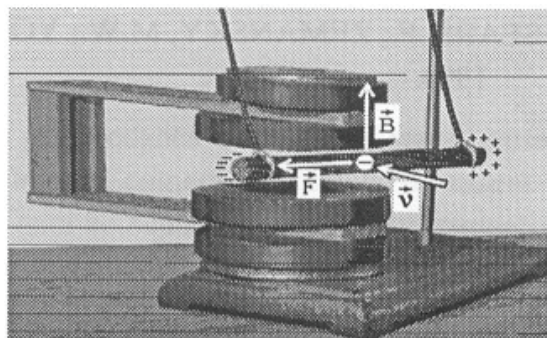
<sup>1</sup> Conforme a notação consagrada. Ver, por exemplo, Física, de Halliday & Resnick, qualquer das edições.

campo magnético *estacionário*, conhecida como *força eletromotriz devida ao movimento*, o princípio de funcionamento, aliás, da maioria dos geradores de corrente alternada<sup>2</sup>.

Para pôr em evidência o fenômeno da força eletromotriz devida ao movimento, sugerimos uma experiência muito simples, cuja interpretação requer, quase forçosamente, uma análise microscópica em termos de uma força magnética agindo sobre os portadores de carga. Consiste de uma haste metálica suspensa por fios condutores que balança como um trapézio no campo magnético de um ímã permanente (Fig.1). Usamos um cabo nu com a especificação 4/0 AWG com  $107,2\text{mm}^2$  de seção transversal suspenso por dois fios condutores flexíveis de 60 cm de comprimento e quatro ímãs de alto-falante. Na Fig.2, vemos a barra metálica deslocando-se para a esquerda com velocidade  $\vec{v}$ , sujeita a um campo de indução magnética estacionário  $\vec{B}$  que aponta verticalmente para cima. Os elétrons de condução dentro da barra,



*Fig.1- Vista geral do equipamento. Na tela do osciloscópio, a inversão do sinal pode ser correlacionada com o vai-e-vem do trapézio e a depressão central no sinal reflete a inhomogeneidade do campo magnético devida ao furo no centro dos ímãs.*



*Fig.2- A barra metálica desloca-se com velocidade  $\vec{v}$ , sujeita a um campo de indução magnética  $\vec{B}$ . Os elétrons de condução dentro da barra, arrastados com ela no campo, sofrem uma força magnética  $\vec{F}_M = -e\vec{v} \cdot \vec{B}$  que tende a deslocá-los para uma das extremidades.*

<sup>2</sup> O texto Física de Sears, Zemansky e Young (Sears, 1994. v3, p.689) resgata a importância da força eletromotriz devida ao movimento, pois inicia a apresentação do assunto indução eletromagnética justamente por ela. Em nossa opinião, o freqüente esquecimento, nos cursos de Física Geral, de um fenômeno tão importante tanto do ponto de vista conceptual quanto prático é uma consequência da “cultura Halliday”, por demais arraigada entre nós.

arrastados com ela no campo, sofrem uma força magnética  $\vec{F}_M = -a\vec{v} \cdot \vec{B}$  que tende a deslocá-los para uma das extremidades. A força eletromotriz (voltagem) induzida pode ser visualizada como um sinal de periódico na tela de um osciloscópio (também mostrado na Fig.1), onde a inversão de polaridade pode ser correlacionada com o vai-e-vem do trapézio e, a pequena depressão é devida à falha no campo magnético entre os furos existentes nos ímãs. Na situação de experiência, a barra não fica de fato polarizada, pois os elétrons irão acumular-se nas placas defletoras do tubo de raios catódicos. Na falta de um osciloscópio, o sinal pode ser detectado por um voltímetro suficientemente sensível.

Agradecemos ao Prof. Rudolfo José Detsch pelo processamento das imagens e do texto.

## Referências

- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics**. Reading, Massachusetts, Addison - Wesley, sexta impressão, 1977.
- SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.