

---

## DEMONSTRE EM AULA: CORRENTES DE FOUCAULT EXPLORADAS COM UM DISCO RÍGIDO DE COMPUTADOR<sup>+</sup>\*

---

*Jorge Roberto Pimentel*  
*Vitor Hélio Zumpano*  
Departamento de Física – UNESP  
Rio Claro – SP

### Resumo

*Neste artigo é proposto que se explore experimentalmente a atuação das correntes de Foucault por meio de um rotor acoplado magneticamente a um disco rígido de computador (HD) que não esteja sendo mais utilizado. A montagem possibilita observar qualitativamente os efeitos dessas correntes que surgem devido ao movimento de um condutor elétrico numa região em que existe um campo magnético, e ilustrar, de forma instigante, aulas de eletromagnetismo ministradas no Ensino Médio.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Física; Magnetismo; Eletromagnetismo.*

### Abstract

*This paper making an experimental exploration of Foucault's currents (eddy currents) through a rotor magnetically coupled to computer hard disc (HD) that is no longer being used. The set-up allows to illustrate in a stimulating way electromagnetism classes in High Schools for mean of the qualitative observations of the*

---

<sup>+</sup> Classroom demonstration: Foucault's currents explored by the computer hard disc (HD)

\* Recebido: junho de 2006.  
Aceito: março de 2008.

*currents which are created as consequence of the movement of an electric conductor in a region where a magnetic field exists.*

**Keywords:** *Physics Teaching; Magnetism; Electromagnetism.*

## **I. Introdução**

Em aulas sobre Eletromagnetismo, ministradas no Ensino Médio ou Superior, a lei de Lenz (1834) costumeiramente é apresentada para justificar o sinal negativo na expressão da lei de Faraday-Henry (1831) que expressa o valor da força eletromotriz total ( $\varepsilon_T$ ) induzida em uma bobina composta de  $N$  espiras na qual o fluxo magnético ( $\phi_B$ ) varie com o tempo ( $\varepsilon_T = -N d\phi_B/dt$ ) (KELLER, 1999, p.233).

Com o objetivo de compreender melhor seu significado físico, a lei de Lenz pode ser ilustrada em aulas experimentais por meio de fenômenos “surpreendentes”, envolvendo campos magnéticos e objetos metálicos, bons condutores de eletricidade. Em alguns sítios da Internet podem ser encontrados exemplos de aparatos didáticos com essa natureza que utilizam anéis, placas, discos, tubos e eletroímãs<sup>[2,3,4,5,6,7]</sup>.

Neste artigo, sugere-se explorar as correntes de Foucault e as Leis de Faraday-Henry e de Lenz montando um rotor que gira acoplado magneticamente a um disco rígido (HD) de computador, que é feito de alumínio. O rotor foi construído a partir de uma seringa descartável e se constitui de um eixo que tem, numa das extremidades, um ímã permanente e, na outra, uma pequena hélice para facilitar a visualização do movimento. Tanto o ímã permanente, quanto o disco rígido e sua fonte de alimentação, podem ser obtidos de equipamentos de informática desatualizados ou adquiridos como “sucatas” em oficinas de manutenção de computadores.

## **II. Preparação do disco rígido (HD) para uso**

Ao se abrir a caixa metálica do HD, é possível visualizar internamente (Fig. 1) o disco rígido (dependendo da capacidade do HD, pode haver mais de um disco), a cabeça de gravação/leitura e o conjunto de ímãs (responsáveis pela movimentação lateral da cabeça), feitos de uma liga de Neodímio, Ferro e Boro (Nd-FeB ou NIB). Algumas informações sobre esses ímãs que utilizam elementos terras raras podem ser encontradas na Internet<sup>[8]</sup>.

Em seguida, deve-se testar o funcionamento mecânico dos discos rígidos. Para tanto, basta conectar ao HD o encaixe apropriado da fonte de alimentação (que fornece 5 V e 12 V) e verificar se os discos giram. Os conectores das fontes de alimentação são padronizados, de modo que não há como se fazer uma “ligação errada” no HD. Como informação, os fios vermelhos das fontes fornecem 5 V e os fios amarelos 12 V, medidos em relação aos fios pretos.



*Fig. 1- Componentes internos do HD: 1- conjunto de ímãs; 2- cabeça de leitura/gravação 3- disco rígido.*

O passo seguinte é soltar os parafusos, retirar o conjunto de ímãs e desmontar sua armadura metálica, separando os dois suportes onde os ímãs estão colados. No HD utilizado, cada suporte apresentava dois ímãs de formato trapezoidal. Para retirar um deles (Fig. 2), pode-se colocar a lâmina de uma faca entre o ímã e o suporte e, em seguida, golpear a lâmina com um martelo. **Atenção: O suporte deve estar firmemente preso e as mãos protegidas com luvas, para evitar acidentes.**

É interessante que as polaridades N e S do ímã sejam identificadas com o auxílio de uma bússola e marcadas. Para tanto, inicialmente, deve-se reconhecer qual extremidade da agulha da bússola aponta para o norte geográfico terrestre, que é o local aproximado em que atualmente se localiza o pólo sul magnético da Terra. Essa extremidade da agulha terá polaridade magnética N, uma vez que é atraída pelo sul magnético terrestre.

Se a localização do pólo norte geográfico do local não for conhecida, pode-se determiná-la estendendo o braço direito para a direção em que o sol nasce e o esquerdo para a direção em que ele se põe. Nessa situação, os olhos do observador estarão mirando na direção do pólo norte geográfico.

Depois, observar o comportamento da agulha quando a bússola for aproximada de uma das faces do ímã. Se a extremidade N da agulha for atraída, a face do ímã terá polaridade magnética S; sendo repelida, a polaridade será N.

Finalmente, soltar o parafuso que prende a cabeça de leitura/gravação e retirá-la (Fig. 2), pois não mais será utilizada.

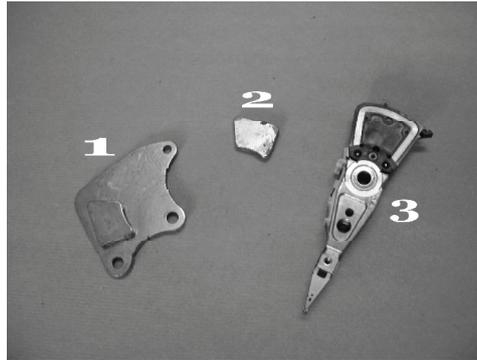


Fig. 2. 1- Suporte com ímãs; 2- ímã retirado do suporte 3- cabeça de leitura/gravação.

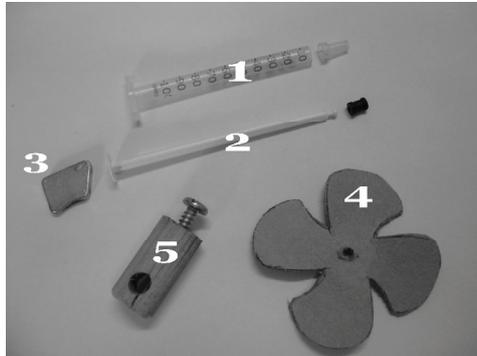
### III. Preparação do rotor

O rotor é feito com os componentes mostrados na Fig. 3. Compõe-se de um tubo rígido (corpo de uma seringa descartável de 1 ml), dentro do qual gira um eixo (êmbolo da seringa) que possui, numa extremidade, um ímã e, na outra, uma pequena hélice de papel cartão, a fim de auxiliar a visualização do movimento.

A extremidade do corpo da seringa onde a agulha é encaixada deve ser cortada e eliminada, de modo a permitir a passagem da ponta do êmbolo.

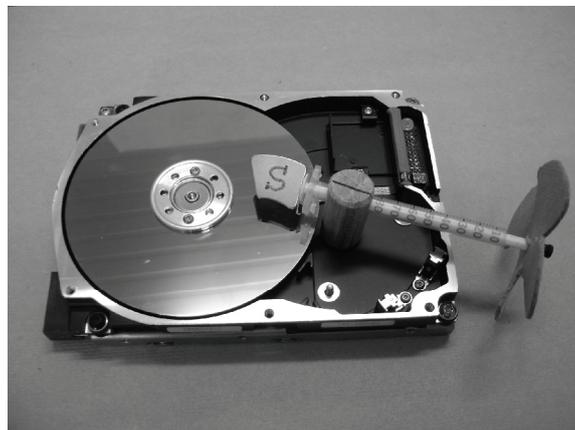
O ímã deve ser preso, longitudinalmente, com massa epóxi na extremidade achatada do êmbolo. Assim, irá girar solidário com o movimento do eixo do rotor, expondo suas faces N e S.

A borracha de vedação existente na ponta do êmbolo deve ser retirada, a hélice encaixada, e a vedação de borracha novamente recolocada, para fixar a hélice. Outra alternativa para fixação da hélice é utilizar adesivo epóxi de secagem rápida.



*Fig. 3- Componentes do rotor: 1- corpo da seringa com a ponta cortada; 2- êmbolo com a borracha de vedação retirada 3- ímã a ser fixado no êmbolo; 4- hélice de papel cartão; 5- suporte de madeira com orifício para encaixar o corpo da seringa.*

O conjunto deve ser montado no suporte de madeira, no qual já deverá ter sido feito um orifício de diâmetro adequado para encaixar o corpo da seringa. O orifício deve estar numa altura adequada a fim de que, durante o movimento de rotação do eixo, o ímã fique próximo e não toque no disco rígido. Deve-se fixar o suporte com um parafuso, aproveitando-se o local de onde foi retirada a cabeça leitora/gravadora. A montagem final é visualizada na Fig. 4.



*Fig. 4 – Visualização do equipamento pronto para ser ligado à fonte de alimentação.*

#### **IV. Explorando o funcionamento do equipamento**

Quando o HD é ligado na fonte e o disco rígido gira, verifica-se que a hélice começa a virar. Peça que os alunos observem o movimento por alguns instantes. Chame sua atenção para o fato de que a hélice se movimenta, apesar de inexistir contato físico entre o eixo do rotor e o disco do HD, e que o ímã gira enquanto o disco roda, indicando que entre eles deve estar atuando uma força que age à distância (força de campo) que, no caso, é de origem magnética.

Ressalte-se que esse é um efeito surpreendente, uma vez que o disco é feito de alumínio, um material paramagnético e que não deveria interagir fortemente com o ímã. Isso pode ser mostrado aos alunos por meio da tentativa de atrair pequenos pedaços de “papel de alumínio” com um ímã de NIB e constatar que nada ocorre. Ou ainda, utilizar um disco rígido retirado de outro HD e mostrar que o ímã não se fixa nele.

Na prática, embora não se observe atração magnética quando o alumínio interage estaticamente com um forte ímã, se entre eles houver movimento relativo, o resultado pode ser um efeito inesperado, conforme se verifica com o rotor construído.

#### **V. Por que o eixo gira?**

Uma das maneiras de se explicar o movimento de rotação contínuo adquirido pelo eixo é utilizar-se das leis de Faraday-Henry e de Lenz, assunto que pode ser encontrado em bons livros de Física destinados ao Ensino Médio ou ao Ensino Superior.

Segundo a lei de Faraday-Henry, a variação do fluxo magnético num circuito fechado induz o surgimento de forças eletromotrizes. Se imaginarmos uma determinada área do disco de alumínio cruzando a região onde estão distribuídas as linhas de campo magnético do ímã, podemos supor que esse movimento provocará a variação do fluxo magnético e fará surgir as forças eletromotrizes previstas. Na área superficial do disco que instantaneamente está “cortando” as linhas do campo magnético, circularão correntes elétricas induzidas, chamadas de correntes de Foucault, correntes parasitas ou “eddy currents”.

De acordo com a lei de Lenz, as correntes surgirão com um sentido de circulação que tende a anular a causa que as produziu. Elas irão circular de forma a produzir, localmente, uma variação oposta ao fluxo magnético devido ao ímã permanente.

Desse modo, no instante em que o disco começa a girar e o ímã está estacionário, podemos pensar que a área superficial do disco que se aproxima do ímã fica sujeita a um fluxo magnético crescente. Ali, as correntes de Foucault vão circular num sentido tal que provoque a diminuição desse fluxo. Já na área afastada do ímã, o fluxo magnético estará diminuindo e as correntes circularão no sentido oposto, de forma a provocar aumento do fluxo magnético. Em consequência, ocorrerá repulsão/atração local entre o ímã e a superfície do disco fazendo surgir um torque, responsável por iniciar a rotação da hélice. Depois, o movimento do ímã faz com que surja um fluxo magnético na área superficial do disco (o campo magnético do ímã não é mais estacionário), originando-se as correntes de Foucault que circulam de modo a manter o torque atuante. Na medida em que o disco de alumínio continua girando, a variação do fluxo magnético persiste e a hélice se movimenta de modo contínuo.

## VI. Conclusão

A montagem do rotor é de fácil execução e utiliza componentes que podem ser obtidos sem muita dificuldade. Seu funcionamento permite a discussão qualitativa das correntes de Foucault, associadas às Leis de Faraday-Henry e de Lenz. Como mais uma possibilidade de explorar o equipamento, o professor pode estimular os alunos a pensar em diferentes configurações alternativas para o mecanismo girante e outros possíveis usos para o dispositivo, desafiando os alunos a executar suas idéias e exibir seus projetos na aula ou em eventos científicos escolares.

## Referências

1. KELLER, F. J. **Física**. v. 2. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Makron Books, 1999. 615p.
2. <<http://education.jlab.org/workbench/lenz/index.html>> Acesso em: 03 out. 2007.
3. <<http://faraday.physics.uiowa.edu/>> Acesso em: 03 out. 2007.
4. <[http://www.physics.ubc.ca/~outreach/phys420/p420\\_97/james/eminduc.htm](http://www.physics.ubc.ca/~outreach/phys420/p420_97/james/eminduc.htm)> Acesso em: 03 out. 2007.
5. <<http://www.sciencefirst.com/>> Acesso em: 03 out. 2007.

6. <<http://www.bizrate.com/learningtoys/oid633694477.html>> Acesso em: 03 out. 2007.
7. <[http://www.sargentwelch.com/product.asp?pn=WL2341A\\_EA](http://www.sargentwelch.com/product.asp?pn=WL2341A_EA)> Acesso em: 03 out. 2007.
8. <<http://www.indigo.com/magnets/rare-earth-magnets.html>> Acesso em: 20 set. 2007.