

Aula 10

CORRENTE E FEM INDUZIDA

META

- Fazer com que o estudante comece a pensar no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação.
- Fazer com que os alunos percebam, através de um texto básico complementado com atividades lúdicas, applets de ensino, vídeos, que a lei de Faraday e a Lei de Lenz podem ser apreendidas de forma simples e divertida.
- Levantar a discussão se podemos começar ensinando a partir de experimentos simples, e só depois apresentar a teoria.

OBJETIVOS

- Ao final desta aula, o aluno deverá: estar ciente das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral.
- Ter compreendido que as ciências naturais estão baseadas na experimentação e que esta é feita de ensaios, experiências e medidas e que estas levam a compreensão e matematização dos conceitos físicos (naturais em geral).
- Estar ciente que para se ensinar conceitos de Física, não é necessário que se apresente a teoria para depois procurar exemplos para elas, pois pode começar apresentando os fenômenos e só depois apresentar a teoria

PRÉ-REQUISITOS

- Os alunos deverão ter cursado as disciplinas Psicologia da Educação, Física A e B.

Vera Lucia Mello

INTRODUÇÃO

Chegamos a nossa última aula. Vamos agora, fazer um breve resumo do que foi visto e apresentaremos aqui o que ficou faltando. O tema principal desse curso, como você notou, foi o da transposição didática. Assim, na 1ª aula apresentamos um texto sobre eletrização que usa o modelo atômico e em seguida fizemos uma adaptação desse mesmo texto tirando o modelo atômico de sua explicação para que você avaliasse as vantagens e desvantagens de se fazer uma abordagem mais próxima dos fatos históricos e de uma que leve em conta mais os fatos atuais.

Na 2ª aula apresentamos o material didático produzido para o projeto de ensino PSSC para discutíssemos a questão de que os livros textos devem ou não ensinar Física dentro do contexto histórico, com muito texto e experiências de apoio.

Na 3ª aula apresentamos a história de um cientista, Faraday, que apesar de seus poucos (muito pouco) conhecimentos e domínio de Matemática se tornou um dos mais importantes e célebres cientistas modernos. Através dessa biografia discutimos se a matemática possui tanta importância assim na Física do ensino médio. Discutimos o problema de se ensinar o conceito de campo em vez de força.

Na 4ª aula apresentamos três textos sobre a definição de potencial elétrico. O primeiro foi extraído do curso de EAD da Universidade de Brasília em que o conceito de potencial elétrico é apresentado em nível da Física básica do curso universitário. Depois apresentamos um texto que faz a transposição direta desse material para o ensino médio e por último o material do GREF que ensina o conceito de potencial elétrico a partir da “Física das coisas”.

Na 5ª aula usamos o curso “Eletrotécnica Básica – Instrumentação”, preparado pelo professor Jader de Oliveira para o SENAI/CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão), com o intuito de levantarmos a questão pedagógica: por que não ensinar circuitos elétricos como estivéssemos preparando nossos alunos para a atividade profissional e não para passar de ano?

Na 6ª aula comparamos um tópico do curso do eletromagnetismo tirado de um livro texto e comparamos com o mesmo tópico de um projeto de ensino em particular. Nessa aula começamos com o capítulo do efeito Joule do projeto PEF.

Na 7ª e 8ª aulas abordamos novamente o problema da transposição científica, só que dessa vez, analisando o problema de se introduzir um pouco de história da ciência nos livros didáticos em geral. Refletimos se há necessidade de no ensino médio e fundamental, carregar os livros textos com nomes e datas.

Na 7ª aula analisamos o material de ensino do projeto GREF, onde se ensina o conceito de campo e força magnética a partir de experimentos

simples tirados de objetos do cotidiano e a completamos com várias atividades experimentais. Na 8ª aula analisamos o material de ensino do livro aprovado pelo PNLEM “Física ensino médio” dos autores Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo, onde se ensina o conceito de campo magnético usando história da ciência.

Na 9ª aula apresentamos o projeto *Harvard*. Nela abordamos o famoso experimento de *Oersted* e a Lei de *Ampere*. Nessa aula fechamos a discussão sobre o uso da história da ciência no ensino de Física do ensino médio e convidamos você a fazer uma análise comparativa entre os quatro projetos.

Nessa última aula vamos seguir a cartilha do método de ensino do GREF. Começaremos com as atividades exploratórias e experimentais sugeridas e somente depois colocaremos a definição das leis de *Faraday* e de *Lenz* tirado do GEF da UFSM. Deixaremos o veredito sobre a praticidade e eficiência desse método para você. Finalizando, faremos uma breve revisão do que é um motor elétrico, segundo uma apostila de máquinas elétricas do Professor Jorge Eduardo Uliana.

No livro de GREF se começa com a observação, na sequência a prática e por último dá-se a explicação, ou seja, nessa filosofia o adolescente dever iniciar explorando o fenômeno físico e por último é apresentada a explicação em termos de leis físicas.



1. Faça os experimentos sugeridos abaixo pelo material do GREF (disponível em <http://fisica.cdcc.usp.br/GREF/eletro03.pdf>) pág. 54)

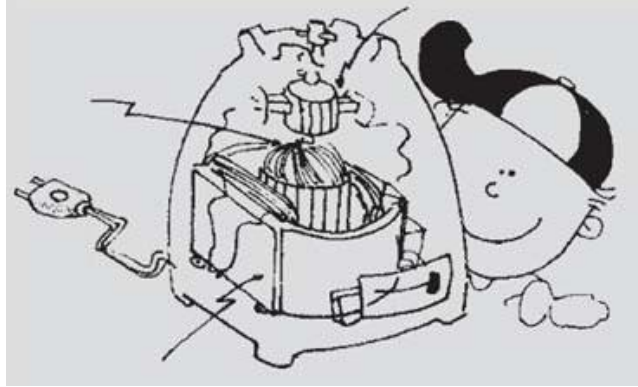
O MOTOR DE UM LIQUIDIFICADOR

A parte externa de um liquidificador é geralmente de plástico, que é um material eletricamente isolante. É no interior dessa carcaça que encontramos o motor, conforme ilustra a figura abaixo.

ROTEIRO

1. Acompanhe os fios do plugue em direção à parte interna do motor. Em qual das partes do motor eles são ligados?
2. Gire o eixo do motor com a mão e identifique os materiais que se encontram na parte que gira junto com o eixo do motor.

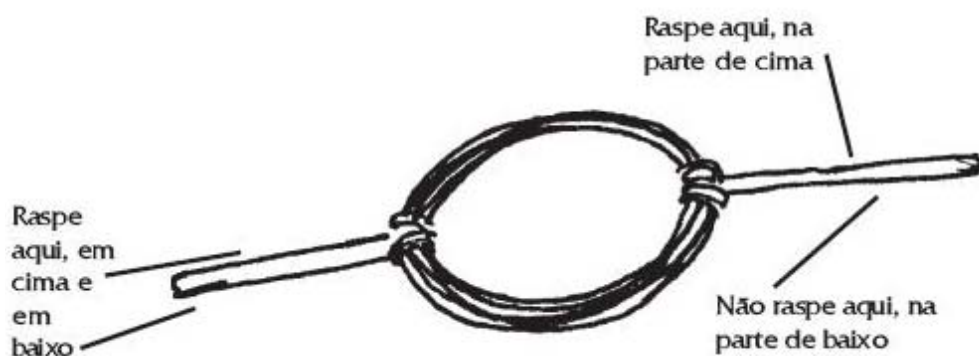
3. Identifique os materiais que se encontram na parte do motor que não gira com o eixo do motor.
4. Verifique se existe alguma ligação elétrica entre as duas partes que formam o motor. De que materiais eles são feitos?
5. Identifique no motor as partes indicadas com as setas na figura ao lado.



GRAF – Eletromagnetismo , cap. 14 a 19 , p. 54.
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetismogrefcapitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

Construa você mesmo um motor elétrico (disponível em <<http://fisica.cdcc.usp.br/GREF/eletro03.pdf>> pág. 56)

Para construir um pequeno motor elétrico vai ser necessário um pedaço de 90 cm de fio de cobre esmaltado número 26 para fazer uma bobina. Ela será o eixo do motor, por isso deixe aproximadamente 3 cm em cada extremidade do fio.



GRAF – Eletromagnetismo , cap. 14 a 19 , p. 56.
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetismogrefcapitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

Como o esmalte do fio da bobina é isolante elétrico, você deve raspá-lo para que o contato elétrico seja possível. De um dos lados da bobina, você deve raspar em cima e em baixo; do outro lado, só em cima.

A bobina será apoiada em duas hastes feitas de metal, presilhas de pasta de cartolina, por exemplo, dando-lhes o formato indicado na figura e, posteriormente, encaixadas num pedaço de madeira.

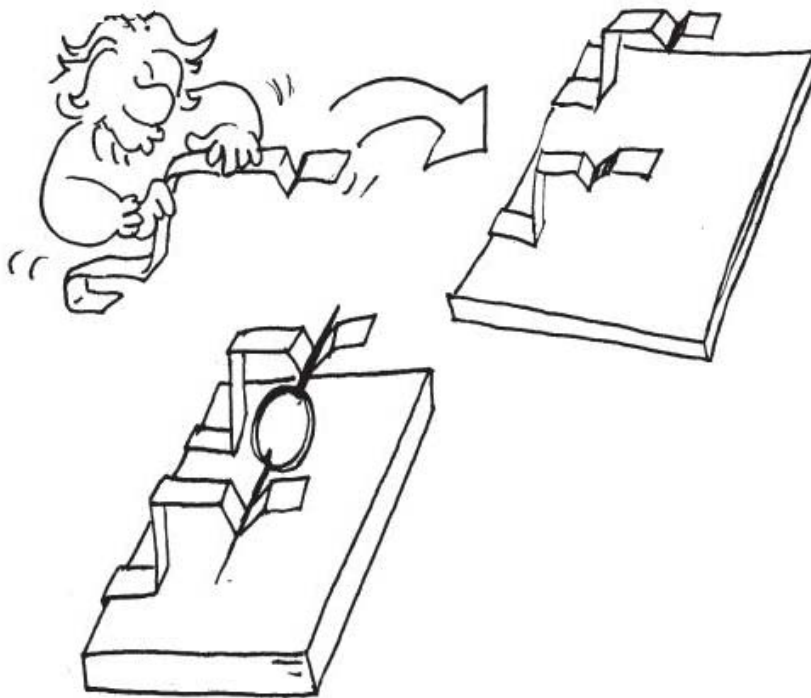


Figura 3 – GREF – Eletromagnetismo, cap. 14 a 19, p. 56.
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetismogrefca-pitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

A fonte de energia elétrica será uma pilha comum, que será conectada à bobina através de dois pedaços de fio ligados nas presilhas.

A parte fixa do motor será constituída de um ímã permanente, que será colocado sobre a tábua, conforme indica a figura. Dependendo do ímã utilizado, será necessário usar um pequeno suporte para aproximá-lo da bobina.

Para colocar o motor em funcionamento, não esqueça que é necessário um impulso inicial para dar a partida.

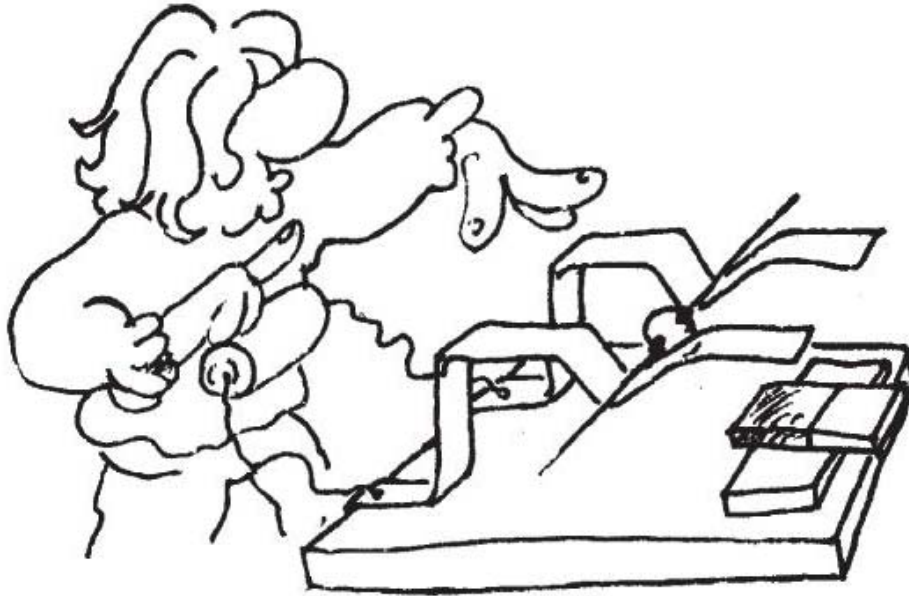
ATENÇÃO

- veja se os contatos elétricos estão perfeitos
- observe se a bobina pode girar livremente

- fixe os fios de ligação na pilha com fita adesiva

Feitos esses ajustes necessários, observe:

- 1) o que acontece quando o ímã é retirado do local?
- 2) inverta a pilha e refaça as ligações.



GRAF – Eletromagnetismo, cap. 14 a 19, p. 56.
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetismogref-capitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

FORÇA ELÉTRICA E CORRENTE ELÉTRICA – GREF

(disponível em <<http://fisica.cdcc.usp.br/GREF/eletro03.pdf>> pág. 66)

FORÇAS MAGNÉTICA E CORRENTE ELÉTRICA

Nas aulas anteriores estudamos o princípio de funcionamento dos motores elétricos, da campainha e do galvanômetro. Em todos eles está presente o efeito magnético da corrente elétrica. Vejamos agora com mais detalhes, o conteúdo físico envolvido.

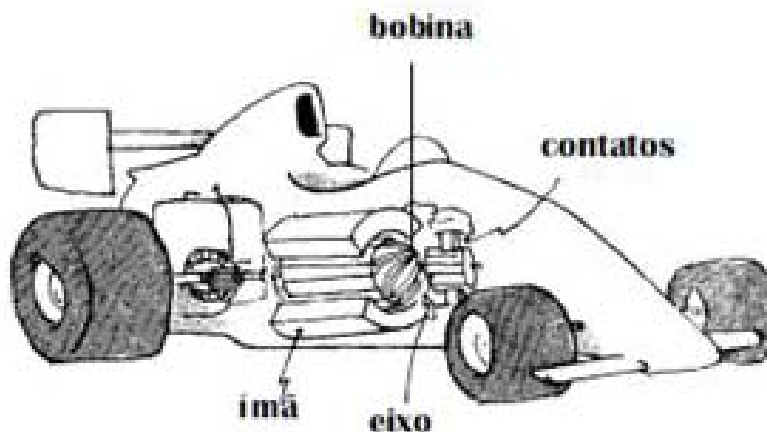
O giro do eixo dos motores elétricos e também o do ponteiro do galvanômetro indica uma interação entre uma bobina com um ímã ou entre uma bobina com uma outra bobina, dependendo das partes de que eles são feitos.

Essa interação decorre do fato de que tanto um ímã como uma bobina com corrente elétrica criam no espaço ao redor um campo magnético.

Em razão disso, a interação entre eles, que torna possível a obtenção do movimento, se dá ainda que não haja contato. Do mesmo modo podemos entender a atração ou a repulsão observada entre dois ímãs.

INTERAÇÃO BOBINA-ÍMÃ

1. Quando em um motorzinho de brinquedo, encontramos um ímã fixado à carcaça do motor e uma bobina fixada ao eixo, o primeiro cria campo magnético na região onde se encontra a bobina.



GRAF – Eletromagnetismo , cap. 14 a 19 , p. 66.

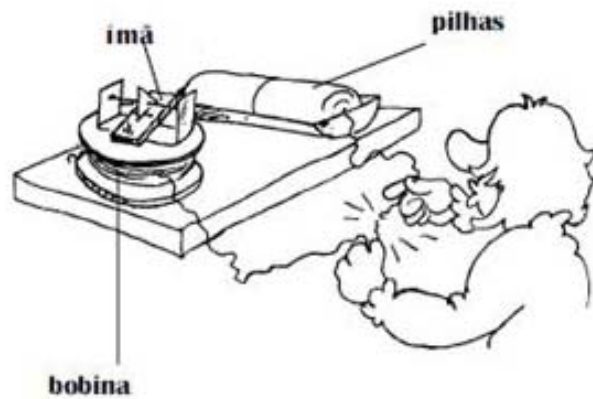
Disponível em <http://www.cienciamao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetismo-grfcapitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

Quando o circuito é fechado uma corrente passa a existir na bobina, criando um outro campo magnético na região onde encontra-se o ímã.

A partir desse momento há interação entre o ímã e a bobina com corrente, isto é, cada um “sente” o campo magnético criado pelo outro. Isso significa que cada um deles fica sujeito a uma força cuja natureza é magnética.

Como somente o que está fixado ao eixo tem mobilidade para se mover, no caso do motor do carrinho, é a bobina junto com o eixo que gira. E esse movimento é efeito da ação da força magnética sobre a bobina.

2. No galvanômetro como o montado na aula 16, bobina era fixada à base e o ímã colocado junto ao ponteiro e ambos fixados ao eixo.



GEF – Eletromagnetismo , cap. 14 a 19, p. 66.
Disponível em <http://www.ciencia.ao.usp.br/dados/grf/_eletromagnetis-mogrefcapitulos14a19-leiturasdefisica.arquivo.pdf>

O ímã já criava um campo magnético na região onde se encontra a bobina e a partir do momento em que há corrente elétrica nela, tem início a interação entre eles. Ambos ficam sujeitos a uma força de natureza magnética e como a bobina está fixada ela não se move. Já o ímã entra em movimento e como ele está preso ao eixo, ele gira.

Comparando-se o princípio de funcionamento do motorzinho do carrinho e do galvanômetro, podemos perceber que tanto o ímã permanente como a bobina com corrente podem entrar em movimento quando estão próximos um do outro. Nos dois casos, é a ação da força magnética que os movimentam.

Vejamos agora como a Lei de *Faraday* e de *Lenz* são formuladas em nível de Ensino Médio. Usaremos o texto do GEF para isto. Você pode acessar este mesmo texto no link <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

LEI DE FARADAY

Segundo a lei de *Faraday*, se o fluxo do campo magnético através da superfície limitada por um circuito varia com o tempo, aparece nesse circuito uma força eletromotriz (fem) induzida. Matematicamente:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Lei de *Faraday*
Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

O sinal negativo que aparece nessa expressão representa matematicamente a lei de *Lenz*. Esta lei está relacionada ao princípio de conservação da energia, conforme se discute adiante.

Deve-se observar, de passagem, que o nome força eletromotriz, dado a essa grandeza, é mantido por questões históricas. Essa grandeza não representa fisicamente uma força e sim, uma diferença de potencial elétrico. Assim, tem como unidade no SI, o *volt* (V).

Exercício Prático

Com o objetivo de estudar a lei de *Faraday*, mova um ímã permanente em forma de barra em relação a uma espira ligada a um amperímetro A (Fig. 8(a)). Conforme o movimento do ímã em relação à espira, se de aproximação ou afastamento, o sentido da corrente é diferente. Além disso, conforme a velocidade relativa, a intensidade da corrente varia: quanto maior a velocidade, maior a intensidade da corrente.

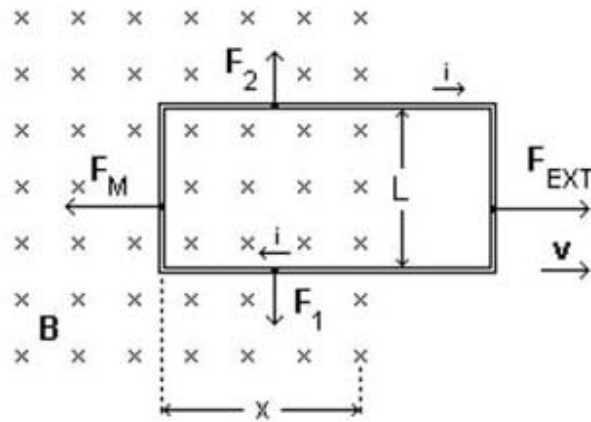


Fig. 8 Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

Por outro lado, você pode também, para estudar a lei de *Faraday*, fazer variar a corrente em uma espira ligada a uma bateria B, ligando e desligando uma chave C colocada em série no circuito, e observar a corrente em outra espira próxima, essa ligada a um amperímetro A (Fig. 8 (b)). A corrente na segunda espira só aparece nos instantes que se seguem aos atos de ligar e desligar a chave no circuito da primeira espira e, em cada caso, com um sentido diferente. Observe que, enquanto a chave no circuito da primeira espira permanecer desligada ou ligada, não aparece corrente na segunda espira.

Como exemplo de aplicação da lei de *Faraday* pode-se calcular a fem induzida em uma espira retangular que se movimenta entrando ou saindo, com velocidade constante, de uma região de campo magnético uniforme (Fig.9). A área da parte da espira que está na região de campo magnético é xL e como o campo é uniforme, o fluxo do campo magnético através da superfície limitada pela espira vale:

$$\phi = xLB$$



Espira

Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

Agora, levando em conta que \$L\$ e \$B\$ são constantes e que \$\Delta x/\Delta t = v\$, tem-se, para a variação do fluxo no tempo:

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(xLB)}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)LB = vLB$$

Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

e, finalmente, pela lei de *Faraday*:

$$\varepsilon = vLB$$

Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

Se a espira tem uma resistência \$R\$, a corrente induzida é:

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vLB}{R}$$

Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>

Deve-se observar novamente que esta corrente induzida na espira existe apenas em dois intervalos de tempo: enquanto a espira está entrando na região de campo magnético e enquanto está saindo. Apenas durante estes intervalos de tempo o fluxo magnético através da superfície limitada pela espira varia.

Um condutor percorrido por corrente elétrica mergulhado numa região de campo magnético fica sob a ação de uma força dada por $F = i L \times B$. Assim, por efeito da corrente induzida na espira aparecem as forças F_1 , F_2 e F_M . As duas primeiras se cancelam mutuamente. A terceira é cancelada por uma força externa, necessária para manter a espira com velocidade constante. Como a força F_M deve se opor à força F_{EXT} , a corrente induzida na espira pela variação do fluxo magnético deve ter o sentido indicado na Fig. 9. Esse fato constitui um exemplo particular de aplicação da lei de *Lenz*.
(GEF – Lei de Faraday. Disponível em < <http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro18.pdf>>)

LEI DE LENZ

Segundo a lei de *Lenz*, qualquer corrente induzida tem um sentido tal que o campo magnético que ela gera se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu.

Matematicamente, a lei de *Lenz* é expressa pelo sinal negativo que aparece na expressão matemática da Lei de *Faraday*. Para entender o conteúdo da lei de *Lenz* pode-se considerá-la no contexto da atividade proposta com a lei de *Faraday*.

Quando um ímã é aproximado de uma espira (Fig. 8(a)), a corrente induzida que aparece na espira tem o sentido indicado porque, assim, ela gera um campo magnético cujo polo norte se confronta com o polo norte do ímã. Os dois polos se repelem, ou seja, o campo gerado pela corrente induzida na espira se opõe ao movimento do ímã.



Disponível em <<http://www.ufsm.br/gef/Eletro/eletro19.pdf>>

Quando o ímã é afastado da espira, a corrente induzida tem sentido contrário àquele indicado porque, assim, gera um campo magnético cujo polo sul se confronta com o polo norte do ímã. Os dois polos se atraem, ou seja, o campo gerado pela corrente induzida na espira se opõe ao movimento de afastamento do ímã.

Quando duas bobinas são colocadas frente a frente (Fig. 8(b)) não existe corrente em qualquer delas. No instante em que a chave é fechada, aparece uma corrente na correspondente bobina. Então, uma corrente induzida aparece na segunda bobina. Ao se fechar a chave, a corrente da bobina correspondente vai de zero até um certo valor máximo que, a partir daí, permanece constante. Dessa forma, enquanto a corrente está mudando, o campo magnético que ela gera, com polo norte confrontando a segunda bobina, também está mudando, e o mesmo acontece com o fluxo desse campo através dessa segunda bobina. Então, aparece uma corrente induzida na segunda bobina cujo sentido é tal que o campo magnético que ela gera tende a diminuir o fluxo mencionado, ou seja, apresenta um polo norte confrontando o polo norte do campo da primeira bobina.

A partir do instante em que a corrente na primeira bobina atinge o seu valor máximo e fica constante, o campo magnético que ela gera também fica constante e também fica constante o fluxo desse campo através da segunda bobina. Nessas condições, não existe corrente induzida na segunda bobina. Quando a chave é aberta, a corrente na primeira bobina vai do valor máximo dado até zero, a intensidade do campo correspondente diminui e o fluxo desse campo na segunda espira também diminui, de modo que a corrente induzida na segunda bobina tem, agora, sentido contrário, sentido esse que é tal que o campo magnético que a corrente induzida gera se soma àquele, ou seja, apresenta um polo sul confrontando o pólo norte daquele campo.

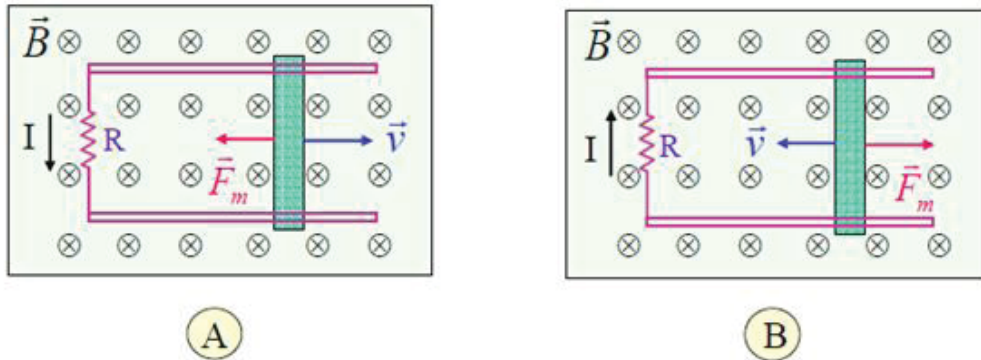
O fato expresso na lei de *Lenz*, de que qualquer corrente induzida tem um efeito que se opõe à causa que a produziu é uma relação, nesse contexto, do princípio de conservação da energia. Se a corrente induzida atuasse no sentido de favorecer a variação do fluxo magnético que a produziu, o campo magnético da espira (Fig. 26(a)) teria um pólo sul confrontando o pólo norte do ímã que se aproxima, com o que o ímã seria atraído no sentido da bobina. Se o ímã fosse, então, abandonado, seria acelerado na direção da bobina, aumentando a intensidade da corrente induzida, que geraria um campo cada vez maior que, por sua vez, atrairia o ímã com uma força cada vez maior, e assim sucessivamente, com um aumento cada vez maior na energia cinética do ímã. Se fosse retirada energia do sistema ímã-espira na mesma taxa com que a energia cinética do ímã aumenta, haveria um fornecimento infundável de energia às custas do nada. Um dispositivo que operasse desse modo seria um moto-perpétuo. Tal dispositivo não pode existir porque seria violado o princípio da conservação da energia.

(GEF – Lei de *Lenz*. Disponível em < <http://www.ufsm.br/gef/Eleetro/eleetro19.pdf>>)

Outro exemplo:

Considere uma barra metálica que pode se deslocar sobre um trilho metálico (ver figura a seguir). A direção tanto da fem induzida como da corrente induzida, podem ser achadas pela Lei de *Lenz*: a polaridade da fem

induzida é tal que ela tende a provocar uma corrente que irá gerar um fluxo magnético que se opõe à variação do fluxo magnético através do circuito fechado → é uma consequência da Lei de conservação da energia.

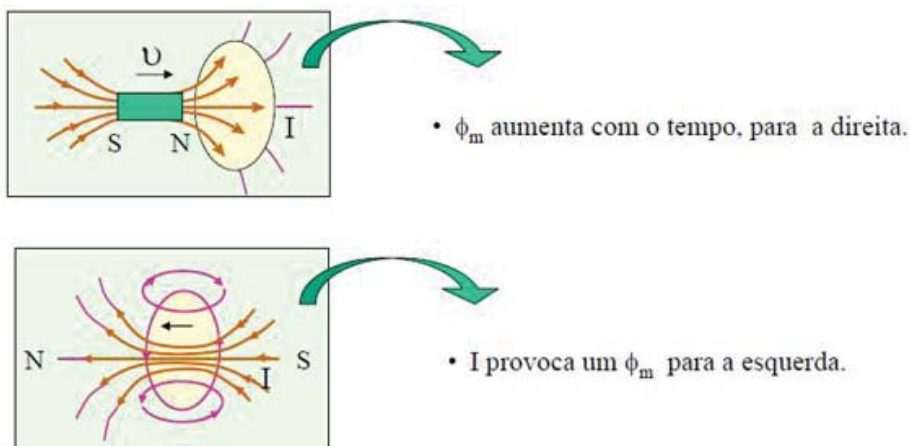


A Lei de *Lenz* afirma que a corrente I induzida deve ter uma direção tal que o fluxo que ela gera se oponha à variação do ϕ_m externo. A I induzida tende a manter o fluxo original através do circuito.

Φ_m externo crescendo $\otimes \Rightarrow I$ anti horário

ϕ_m externo diminuindo $\otimes \Rightarrow I$ horário.

Do ponto de vista da conservação da energia temos: Se I tivesse o sentido horário $\Rightarrow F_m$ para a direita \Rightarrow aceleração da barra \Rightarrow no aumento da $V \Rightarrow$ no aumento mais rápido da área do circuito \Rightarrow aumento da I induzida \Rightarrow no aumento da $F_m \Rightarrow$ aumento da $I \Rightarrow \dots \Rightarrow$ O sistema adquiriria energia sem injeção adicional de energia. Logo $\Rightarrow I$ sentido anti-horário.



A maior aplicação das descobertas de Faraday e de Lenz são os motores elétricos. Vejamos o que é um motor elétrico segundo a referência.

MOTOR ELÉTRICO

É uma máquina que converte a energia elétrica e energia mecânica (movimento rotativo), possui construção simples e custo reduzido, além de ser muito versátil e não poluente. O motor elétrico tornou-se um dos mais notórios inventos do homem ao longo de seu desenvolvimento tecnológico. A finalidade básica dos motores é o acionamento de máquinas, equipamentos mecânicos, eletrodomésticos, entre outros, não menos importantes. Seu princípio de funcionamento será conhecido ao longo desta disciplina.



Motor elétrico

MOTORES ELÉTRICOS

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica, baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Os tipos mais comuns de motores elétricos são:

MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação.

MOTORES DE CORRENTE ALTERNADA

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:

- Motor síncrono: Funciona com velocidade fixa, utilizado somente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores) ou quando se necessita de velocidade invariável.

- Motor de indução: Funciona normalmente com velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

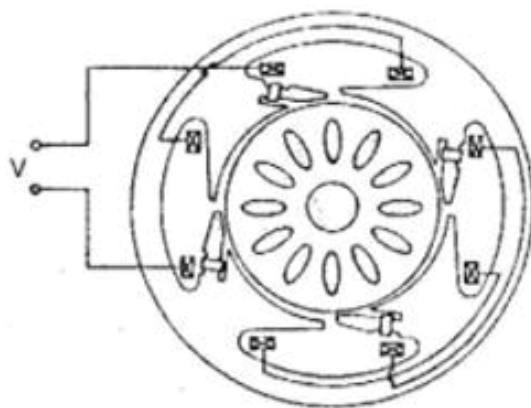
FUNCIONAMENTO DE UM MOTOR ASSÍNCRONO

A partir do momento que os enrolamentos localizados nas cavidades do estator são sujeitos a uma corrente alternada, gera-se um campo magnético no estator, conseqüentemente, no rotor surge uma força eletromotriz induzida devido ao fluxo magnético variável que atravessa o rotor. A fem. induzida dá origem a uma corrente induzida no rotor que tende a opor-se à causa que lhe deu origem, criando assim um movimento giratório no rotor.

Como podemos constatar o princípio de funcionamento do motor de indução baseia-se em duas leis do Eletromagnetismo, a Lei de *Lenz* e a Lei de *Faraday*.

Faraday: “Sempre que através da superfície abraçada por um circuito tiver lugar uma variação de fluxo, gera-se nesse circuito uma força eletromotriz induzida. Se o circuito é fechado será percorrido por uma corrente induzida”.

Lenz: “O sentido da corrente induzida é tal que esta pelas suas ações magnéticas tende sempre a opor-se à causa que lhe deu origem”.



Motor elétrico

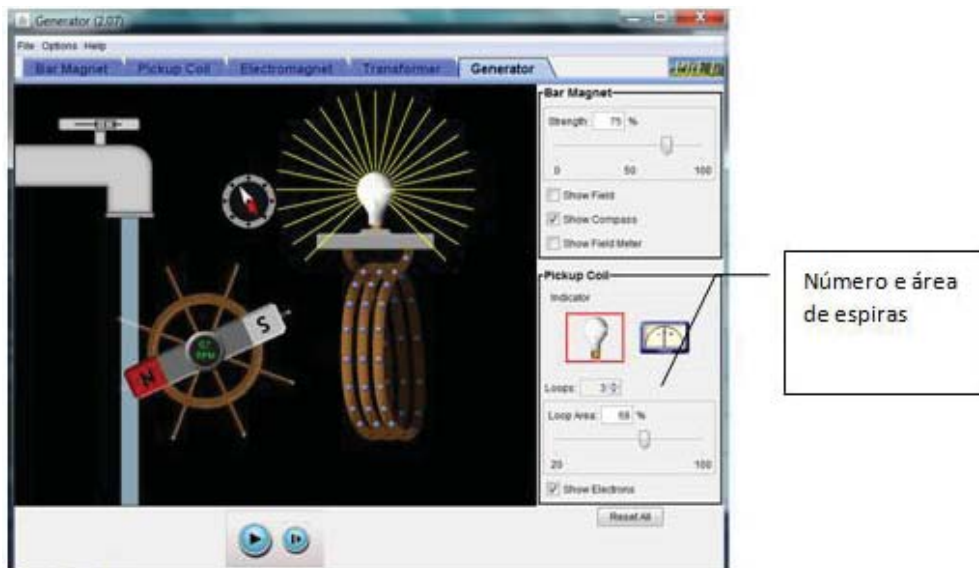
Colocamos no final da aula, como apêndice, a Constituição do Motor de Indução.

 **ATIVIDADES**

APPLETS DE ENSINO

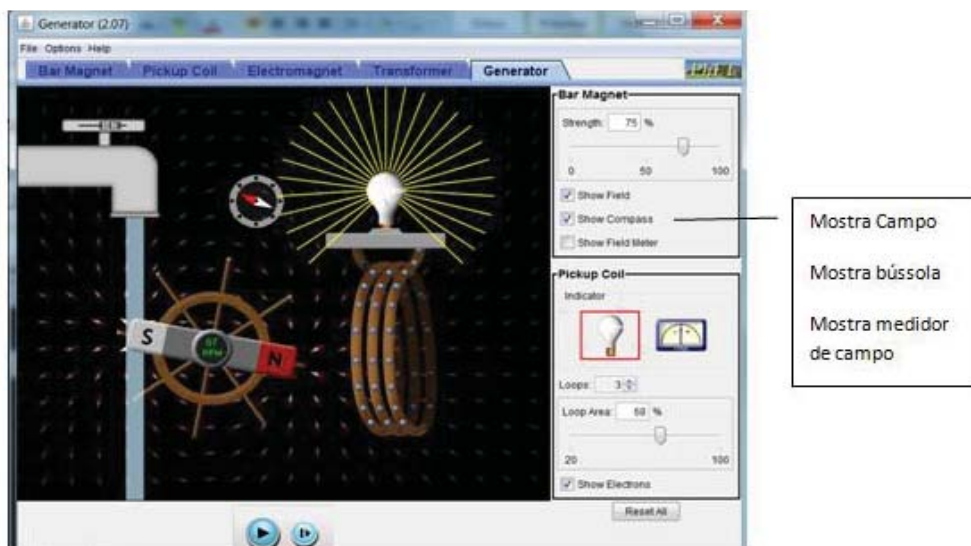
1. Explique o princípio de funcionamento do *applet* abaixo do curso da Universidade do Colorado. Acesse o link <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>.

Note que você tem que abrir a torneira (cursor para o ímã girar)



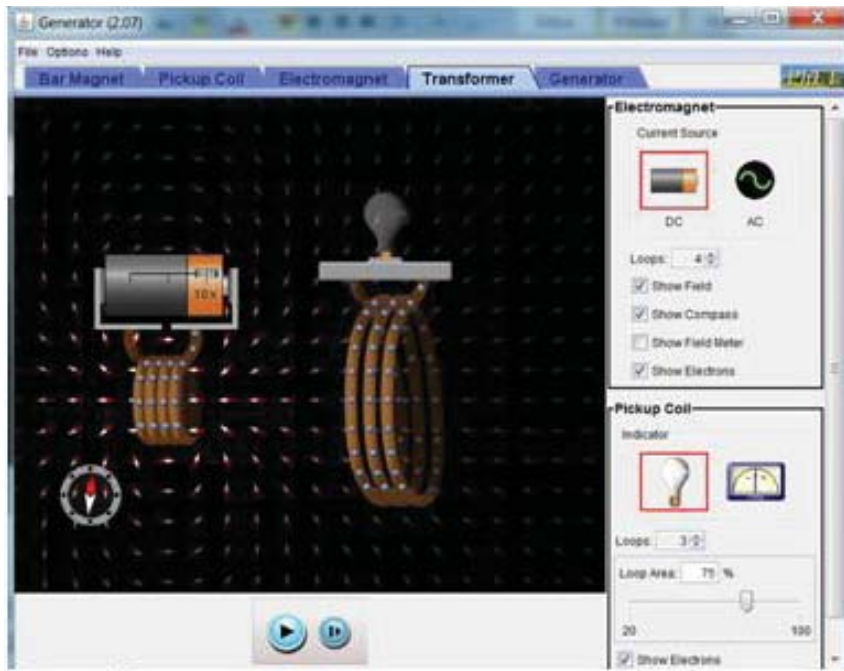
Disponível em <https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>

Botão: GENERATOR



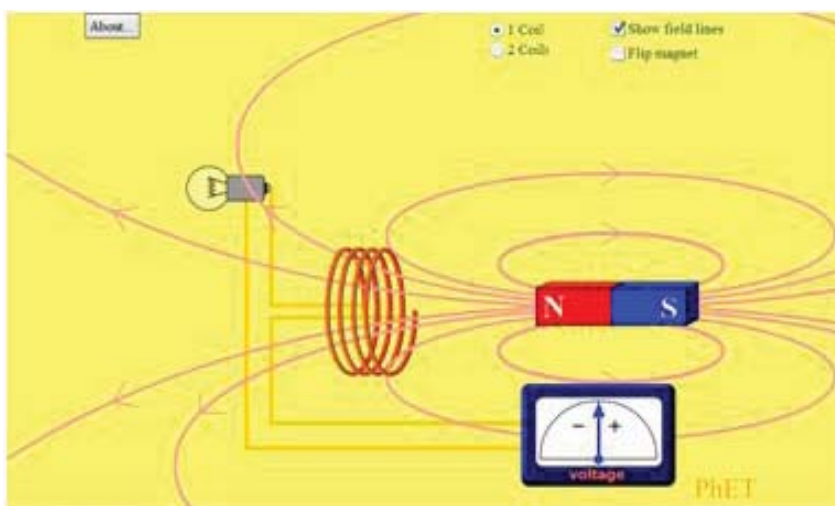
2.– Explique o princípio de funcionamento do *applet* abaixo do curso da Universidade do Colorado. Acesse o link <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>.

Note que é o mesmo applet, porém foi mudado de gerador para transformador



3. Explique o princípio de funcionamento do *applet* abaixo do curso da Universidade do Colorado. Acesse o link: <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisica-mix/eletromagnetismo>>

Você tem que ficar arrastando o ímã como fosse de verdade (*mouse*)



Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/faradays-law/faradays-law_en.html>

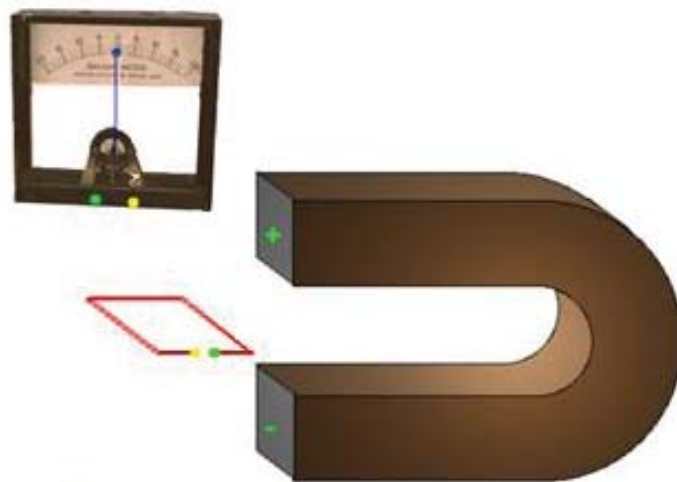
4. Explore esse excelente *applet* do site lecture on line. Aqui podemos simular os resultados de algumas das experiências que Michael Faraday fez para descobrir a lei de indução. Você pode arrastar a espira vermelha com o *mouse*. Este laço é acoplado ao galvanômetro no fundo com fios elétricos invisíveis. No entanto, estes cabos para não obstruir a visão são representados por pontos verde e amarelo dos dois cabos. Cabos transparente! Outro triunfo do mundo virtual!

Mova a espira para dentro ou para fora do ímã, e o galvanômetro indica uma corrente. Quanto vai depender da velocidade com que você move o *loop*.

Você também pode inverter a polaridade do ímã, basta clicar sobre as áreas cinza frente da ferradura. Como é que esta mudança afetará o movimento da agulha do galvanômetro quando você mover o *loop* dentro e fora do ímã?

Link: <<http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/induct/faraday.htm>>

Applet: Induction



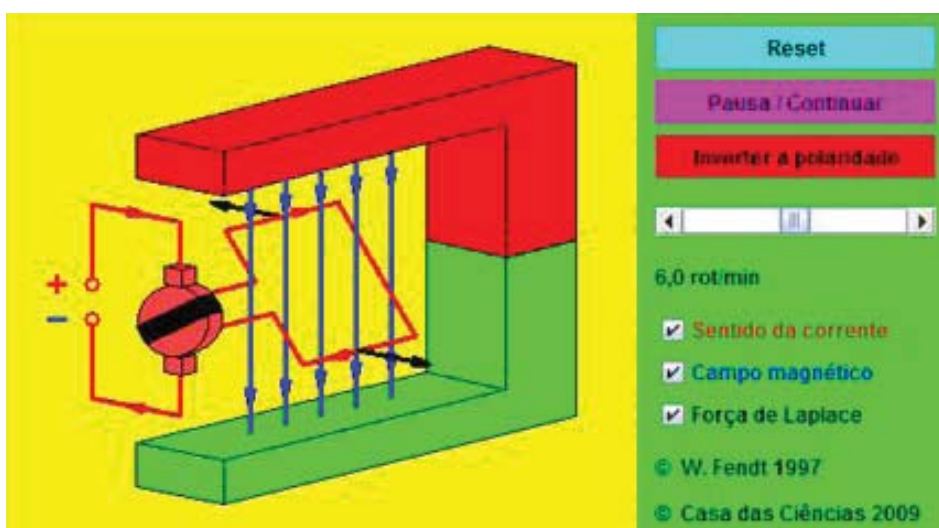
5 – Motor Elétrico. *Applet* do site do prof. Walter-Fendt. Esta pequena aplicação em Java mostra um motor elétrico funcionando com corrente contínua, com a imagem reduzida aos componentes essenciais para clareza da observação. Por exemplo, em vez de uma armadura com um enrolamento, observamos uma espira simples em rotação, do mesmo modo que não se observa o suporte e eixo do enrolamento.

As setas vermelhas indicam a direção convencional da corrente. Podem-se reconhecer as linhas do campo magnético (do pólo Norte em vermelho, para o pólo Sul em verde) marcadas em azul. As setas em negro representam a força de *Lorentz*.

A força de $Lorentz$ é ortogonal em relação à direção da corrente e às linhas de campo magnético. A orientação desta força pode ser encontrada através da conhecida regra dos três dedos (ou regra da mão direita):

Polegar: Direção (convencional) da corrente
 Indicador: Campo Magnético
 Médio: Força de $Lorentz$

Os botões e as caixas que surgem na zona verde são de ação indutiva, permitindo ao utilizador manipular a aplicação quer ao nível da observação, (vetores) quer ao nível do funcionamento (rotações e polaridade).



VIDEOS AULAS

1. Vídeo de aula simples. Força Magnética e funcionamento do motor elétrico
 Link: <<http://www.youtube.com/watch?v=m4-8OscX-Xw>>
2. Aula muito boa, mas está em espanhol. Funcionamiento Paso a Paso Del Motor Eléctrico: Motor De Corriente Continua. Para assistir acesse o link: <<http://www.youtube.com/watch?v=6JGyXDZBagg&feature=related>>
3. Aula muito boa, mas está em espanhol. Generador eléctrico de corriente alterna Encarta. Para assistir acesse o link: <<http://www.youtube.com/watch?v=rjH0bSf5uMU&feature=related>>

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

Experimentos de Eletromagnetismo (disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele_list.htm>).

Variação do Campo Magnético Cria Corrente Elétrica

Objetivo:

Neste experimento vamos mostrar que é possível criar corrente elétrica usando o magnetismo.

Contexto:

Quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor, cria em torno dele um campo magnético. Este efeito foi verificado pela primeira vez por Hans Christian Oersted em abril de 1820. Ele observou que a agulha de uma bússola defletia de sua posição de equilíbrio quando havia próximo a ela um fio condutor pelo qual passava uma corrente elétrica.

Usando esse resultado, Michael Faraday perseguiu a ideia de que o contrário poderia ser verdade: um campo magnético poderia induzir uma corrente elétrica num fio condutor.

Faraday montou um circuito fechado composto de um galvanômetro (medidor de corrente elétrica) e uma bobina (fio condutor enrolado, formando um conjunto de espiras superpostas). Ele observou que quando um ímã é posto em movimento próximo desse circuito elétrico, o galvanômetro oscilava seu ponteiro. Se o ímã era empurrado para dentro da bobina, o galvanômetro acusava corrente elétrica percorrida num sentido. Se o ímã era puxado de dentro da bobina, o galvanômetro acusava corrente no sentido contrário. Faraday observou também que se o ímã estivesse parado em relação à bobina, o galvanômetro não acusava nenhuma corrente elétrica.

Este fenômeno ocorre para qualquer circuito elétrico fechado. Porém a existência de uma bobina neste circuito é fundamental para a sua detecção, pois ela multiplica a intensidade do efeito proporcionalmente ao número de espiras que a constitui.

Este fenômeno, hoje conhecido como indução magnética, foi explicado pelo físico Heinrich Emil Lenz, baseado no Princípio da Conservação da Energia.

Lenz estabeleceu que a indução magnética ocorre quando há uma variação (aumento ou diminuição) do campo magnético no interior da bobina e a corrente induzida nesta é tal que o campo magnético por ela criado anula o efeito do campo magnético variável que iniciou o processo. Assim, se um campo magnético externo estiver aumentando de intensidade no interior de um circuito fechado, será criada neste circuito uma corrente tal que o campo magnético criado por ela tentará anular o campo magnético externo. As linhas de campo dos dois campos magnéticos são opostas. Em oposição, se o campo magnético externo estiver diminuindo de intensidade, a corrente induzida (criada) no circuito criará um campo magnético que tentará manter constante o campo magnético externo, somando-se a ele. Agora, as linhas de campo dos dois campos magnéticos são de mesma direção e sentido.

Para relacionar a direção da corrente induzida com a do campo induzido, veja o experimento “*Fio vira Ímã*”.

Ideia do Experimento

Vamos reproduzir e analisar o experimento de Faraday, na tentativa de provar que a variação de um campo magnético próximo a um circuito produz corrente elétrica. Mas haverá uma diferença entre o experimento original de Faraday e o que faremos aqui. Misturaremos elementos do experimento de Oersted, a fim de substituímos o galvanômetro (ou medidor de corrente). Entendemos que nem todas as escolas ou professores terão um medidor de corrente, por isso resolvemos substituí-lo por uma bússola, que apesar de não ser um medidor de corrente, poderá identificar sua existência nesta montagem.

Então a ideia desse experimento é criar uma corrente elétrica, variando o campo magnético dentro de uma bobina (experimento proposto por Faraday), que possa gerar um campo magnético em torno do fio e defletir a agulha de uma bússola (experimento proposto por Oersted). Ou seja, o movimento de um ímã numa extremidade do circuito com a conseqüente deflexão da bússola na outra extremidade, só pode ser explicada se desse movimento for gerada uma corrente elétrica.

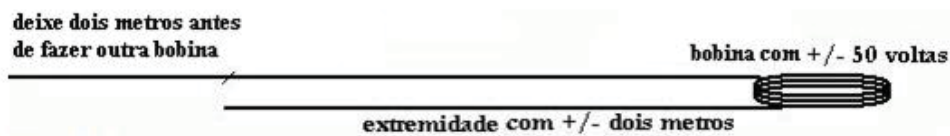
Ao invertermos a polaridade do ímã, observaremos uma inversão na deflexão da bússola.

Tabela do Material

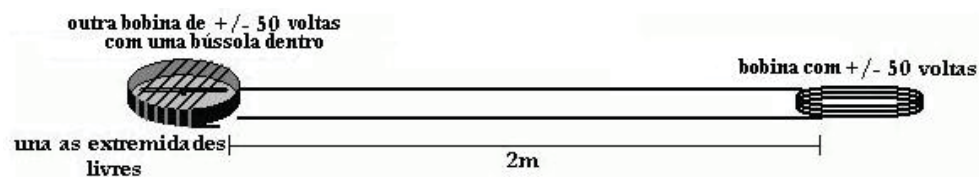
Item	Observações
Um ímã	Ímãs são encontrados em alto falantes, ferro velho, lojas de materiais elétricos, em alguns brinquedos, em objetos de decoração como os ímãs de geladeira, etc.
Fio metálico Condutor	Qualquer fio condutor serve. Obtém-se melhores resultados com fios de cobres esmaltados. Estes fios são encontrados em casa de materiais elétricos, ou retirados de aparelhos elétricos velhos.
Bússola	Verifique o funcionamento da bússola antes de usá-la ou faça uma (veja a seção de comentários).

Montagem:

- Enrole o fio esmaltado no formato de uma bobina, com mais ou menos cinquenta voltas. A bobina terá duas extremidades.
- Uma extremidade da bobina deverá ter mais ou menos dois metros. Desencape uns três centímetros dessa extremidade.
- Com a outra extremidade faremos o enrolamento da bússola. Deixe mais ou menos dois metros de fio, a partir da bobina, antes de fazê-lo. Veja a figura abaixo.



- Enrole outra bobina de mais ou menos cinquenta voltas, de forma que a bússola entre em seu interior.
- Desencape e una as extremidades das bobinas.



- Faça com que a direção da agulha da bússola seja paralela às espiras da bobina, antes de iniciar o experimento.
- Coloque a montagem sobre uma mesa. Se o ímã utilizado for em barra é recomendado deixar a bobina um pouco fora da mesa para que o ímã possa atravessá-lo. Veja o esquema geral de montagem.
- Aproxime e afaste o ímã da bobina. Inverta a polaridade e repita este procedimento.

Comentários

- Tome cuidado com os alto-falantes, pois eles contêm ímãs bastante fortes e o campo gerado por eles atrapalhará o experimento, caso haja algum por perto.

- Quanto maior a intensidade do campo magnético, melhores serão os resultados obtidos no experimento. Procure retirar ímãs de alto-falantes grandes e potentes, pois, em geral, quanto maior o alto-falante mais forte é o ímã.

- Mantenha a bússola suficientemente longe do ímã que gerará a corrente para que não haja interferência (atração da agulha da bússola pelo ímã). Foi sugerido dois metros durante a montagem, pois foi a medida em que o ímã deixou de interferir na bússola em nossa montagem. Esta distância pode variar dependendo da intensidade do campo do ímã utilizado.

- Caso você não consiga uma bússola para a realização do experimento, é possível construir uma. Para isso você vai precisar de um copo comum com água, uma agulha de costura fina, um pedaço de papel e um ímã natural. Siga os passos seguintes:

1 - Primeiro deve-se imantar a agulha de costura, passando-se o ímã natural várias vezes na agulha de costura, sempre na direção do seu comprimento e no mesmo sentido. Para saber se agulha já está bem imantada, aproxime-a de algum objeto metálico e verifique se há atração ou repulsão.

2 - Corte um pedaço de papel de aproximadamente 2 cm quadrado. Este

pedaço de papel serve para permitir que a agulha de costura possa flutuar sobre a água.

3 - Atravesse ou cole no pedaço de papel já cortado, a agulha.

4 - Coloque o pedaço de papel com agulha em um copo cheio de água.

5 - Verifique por algum método se sua bússola está funcionando, comparando a direção para onde a agulha está apontando com alguma referência. Sem outros campos magnéticos por perto, ela deve se orientar na direção norte-sul.

6 - Veja a figura de como fica a construção desta bússola.



Esquema Geral de Montagem



Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - UNESP/Bauru

Motor Elétrico

Objetivo

Neste experimento vamos construir um sistema simplificado de motor de corrente contínua. Trata-se de uma aplicação de grande importância de eletricidade e magnetismo.

Contexto

O motor elétrico funciona com base na repulsão entre ímãs, um natural e outro não-natural, neste nosso exemplo.

Ideia do Experimento

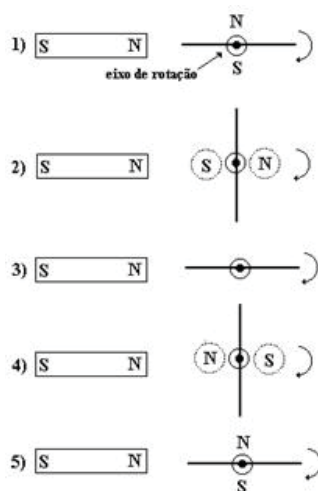
O ímã não-natural neste experimento é uma bobina.

O conveniente de se usar ímãs não naturais num motor elétrico é a possibilidade de se manipular (inverter) os polos magnéticos.

O funcionamento deste motor elétrico pode ser explicado em alguns passos (acompanhe pela figura abaixo):

1. Num primeiro momento, os fios raspados estão em contato com as tiras e a corrente elétrica cria um campo magnético na bobina. Esta bobina por ter liberdade de rotação entra em movimento, para se livrar da repulsão do ímã comum, que está fixo à sua frente.
2. Em um quarto de volta, a bobina está parcialmente em contato com as tiras e o campo magnético começa a perder sua força. Não deixando assim que a atração do polo sul da bobina pelo polo norte do ímã comum seja forte o suficiente para frear o movimento.
3. Quando a bobina completa meia volta, começaria o processo inverso. Ou seja, deveria existir um campo atrativo entre a bobina e o ímã. Mas isso só aconteceria se os contatos estivessem ligados. Este contato não é estabelecido, pois, esta atração frearia ou cessaria o movimento adquirido no primeiro momento.
4. Completando-se mais um quarto de volta, o contato com as tiras começa a se reestabelecer e o campo magnético a ganhar força. Neste momento a bobina começa a ser repelida pelo ímã comum. Dado o movimento que a bobina já possui este ganha nova aceleração.
5. Volta-se à posição inicial e o ciclo recomeça.

Assim o processo continua periodicamente, enquanto existir corrente elétrica passando pela bobina.



Item	Observações
Um pedaço de fio de cobre esmaltado	Aproximadamente um metro de fio (n° 26). Pode ser encontrado em casa de materiais elétricos ou eletrônicos ou então retirados de enrolamentos elétricos velhos.
Tiras de lata	Neste experimento foi utilizado presilhas de lata das pastas de cartolina que são vendidas em papelarias.
Pilhas	Acrescentar pilhas, ligadas em série, conforme a necessidade da montagem.
Imã	Quanto mais intenso for o campo magnético melhor. Pode ser retirado de alto falantes velhos ou encontrado em lojas de ferro velho.
Pedaço de madeira	Servirá como base para a montagem.

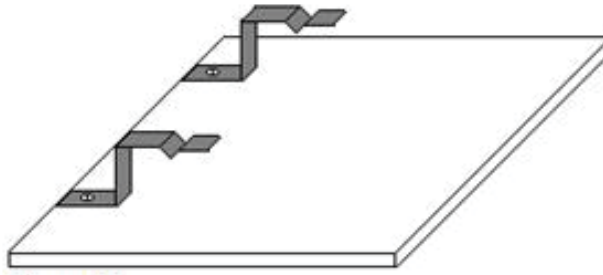
Montagem

- Para fazer a bobina enrola-se o fio de cobre num cano ou qualquer outro objeto cilíndrico, com cerca de 3cm de diâmetro. Deve-se deixar livre duas pontas de aproximadamente 2cm de comprimento, em cada extremidade.

- A raspagem do esmalte do fio de cobre nas extremidades, deve ser feito da seguinte maneira: primeiro, deve-se raspar com uma lâmina todo o esmalte de uma das extremidades, dando uma volta completa. A outra extremidade, só é raspado o esmalte de meia volta do fio. Isso porque em um plano, ambas as extremidades estão raspadas, e em contato com as tiras, dando contato para a passagem de corrente elétrica. E conseqüentemente no outro plano, somente uma das extremidades em contato com as tiras estará raspada, não permitindo assim a passagem de corrente elétrica. E conseqüentemente não gerando campo magnético em torno da bobina.

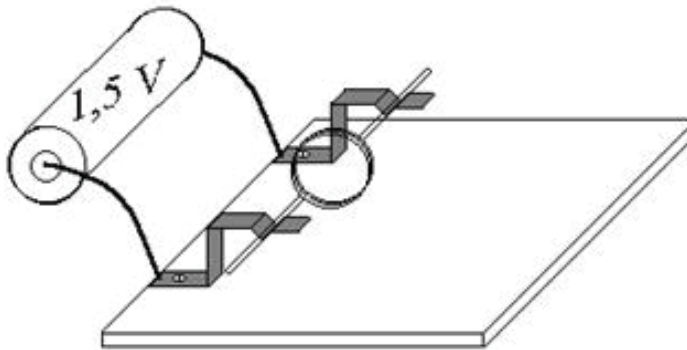


- Para fazer os suportes da bobina utiliza-se tiras de lata, dando-lhes o formato indicado na figura a seguir e prendendo-as a uma base de madeira;



- Coloque a bobina sobre o suporte, verificando se ela pode girar livremente. Se isso não ocorrer, alinhe as extremidades da bobina de modo que elas fiquem bem retas e opostas e veja se as depressões nos suportes estão em linha reta, no mesmo nível e do mesmo tamanho;

- Ligue com fios de cobre cada uma das lâminas do suporte a uma extremidade da(s) pilha(s), prestando atenção para não deixar a faixa esmaltada das extremidades da bobina em contato com o suporte.



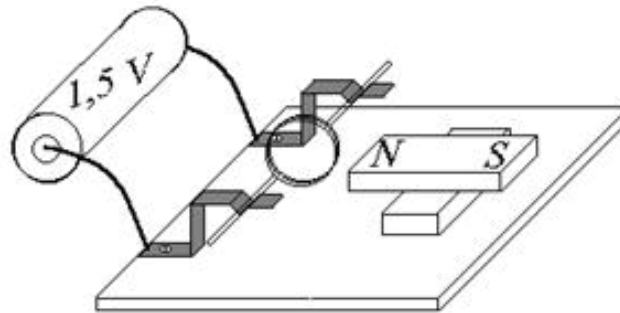
- Posiciona-se um ímã sobre um suporte qualquer de forma que fique aproximadamente na mesma altura da bobina. Se o contato com a pilha for estabelecido e a bobina não girar, talvez seja preciso, no início, girar a bobina manualmente (dar um empurrãozinho).

Comentários

- Dada a simplicidade do motor, para funcionar, ele é dependente das dimensões e materiais usados. Portanto, algumas tentativas talvez sejam necessárias até que o motor funcione adequadamente.

- Outra característica deste motor é que há determinadas combinações de formas diferentes de se ligar os polos da bateria às tiras e mesmo da posição da espira sobre as tiras. Mas algumas poucas tentativas devem levar a uma das combinações corretas.

Esquema Geral de Montagem:



Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia-a-Dia - UNESP/Bauru



1. Você acha meio confuso começar mostrando os fenômenos só depois introduzindo a teoria, explicação?
2. O que você pensa sobre o trocadilho: ensinar a física das coisas e não as coisas da física.
3. Você vê muita diferença entre o material produzido para o projeto GREF e o seu livro didático? Comente.
4. Você vê muita diferença entre o material produzido para o projeto GREF (UFSM) e o seu livro didático? Comente.
5. Como você analisa a transposição didática destes projetos com relação a um texto universitário do ciclo básico (por exemplo Halliday)?
6. Como você ilustraria o conceito de campo magnético para seus (futuros) alunos depois dessa última aula?
7. Você usaria esse material que eu preparei para essa aula para ministrar um curso sobre as leis de Faraday e de Lenz? Comente.
8. Devido ao alto grau de abstração muitos físicos e grupos de ensino estão fazendo animações gráficas e applets que demonstram virtualmente a lei de Lenz e de Faraday. Colocamos alguns links para você abaixo para você poder explorar alguns deles.
9. Com o advento da televisão alguns grupos de ensino e ou instituições estão fazendo vídeos aulas sobre temas interessantes e complexos de física. Colocamos alguns links para você acima para você poder explorar alguns deles. Faça um comentário a respeito deles.
10. Colocamos acima alguns exemplos e/ou links de experimentos de baixo custo para você analisar a possibilidade de usá-los em sala de aula. Comente se você os usaria ou não como recurso didático em sala de aula? Comente.

CONCLUSÃO

Depois dessa aula o futuro professor deve ter entrado em contato com uma forma mais lúdica e motivante de se ensinar Física. Deve estar se perguntando se temos que ficar presos ao método tradicional de se ensinar Física. Deve estar imaginando quantas possibilidades temos para ensinar Física.

Com a análise dos experimentos de baixo custo e dos recursos de multimídias que colocamos no final da aula o futuro professor deve ter ficado com algumas boas idéias de como este pode enriquecer uma aula sobre o tema Lei de *Coulomb*.

Com essa última aula o estudante deve ter ficado como uma boa visão do papel dos projetos de ensino de Física, e seu papel na formação dos primeiros físicos no Brasil. Deve ter notado como estes influenciaram a estrutura dos nossos livros didáticos.

COMENTÁRIOS SOBRE AS ATIVIDADES

É muito comum as queixas dos alunos de licenciatura com respeito de como um curso de Física é ministrado ou desenvolvido e do porque da estrutura do curso. E o que ocorre em geral é que ao sair da universidade se acaba sucumbindo às pressões da vida e repetindo à mesma forma de ensinar Física (erros!). Com essa aula, continuamos a levantar e discutir os problemas de se ministrar um “bom” curso de Física e de suas limitações. O mais importante é que estamos tentando, como em muitos outros lugares, a incentivar o futuro professor repensar, reavaliar e criar uma nova forma de ministrar um curso de Física.

Em geral os alunos que fazem o curso de licenciatura em Física têm um curso muito superficial ou não têm nenhuma aula de Física. Se têm, usam algum livro texto tradicional, onde a Física é apresentada como uma coleção de definições e fórmulas para ser aplicada em problemas e exercícios. Assim, a maioria só possui o conhecimento de Física dado na universidade. A apresentação do projeto *Havard* deve ter dado uma visão geral de toda a complexidade de se montar um curso de Física e como esse pode se tornar mais atraente.

O aluno deve começar a se ver como futuro professor. Isto é, ele deve começar a ver a Física não como matéria a ser aprendida e sim como a ser ensinada. Aqui ele deve começar a enxergar as diversas possibilidades que o mundo moderno lhe oferece como educador.

Os futuros professores devem ter compreendido o papel central que eles têm na escolha do conteúdo, da técnica e da didática ser utilizada em sala de aula. Este deve ter adquirido uma ideia de como se deve preparar um curso ou apenas uma aula. Eles devem compreender que uma aula é um processo dinâmico e orgânico.



RESUMO

Nessa última aula, seguimos a cartilha do método de ensino do GREF. Iniciamos com as atividades exploratórias e experimentais sugeridas, e somente depois colocamos a definição das leis de *Faraday* e de *Lenz* tirado do GEF da UFSM. Deixamos o veredito sobre a praticidade e eficiência desse método para você. E encerramos fazendo uma breve revisão do que é um motor elétrico, segundo uma apostila de máquinas elétricas do Professor Jorge Eduardo Uliana.

Em seguida apresentamos vários experimentos de baixo custo para que o aluno explore as possibilidades que estes oferecem para se ministrar um curso usando mais ferramentas fenomenológicas e menos formais. Colocamos vários e excelentes *applets* de ensino como recurso de simulação de fenômeno físico para ser explorado pelo futuro professor.

Como há ótimos vídeos de ensino colocamos alguns deles como referência, e deixamos sua exploração como atividade, pois no curso de Instrumentação I não usamos os vídeos didáticos como ferramenta didática principal.

RESPOSTA ÀS ATIVIDADES

1. A resposta é um pouco subjetiva. Mas, esperamos que ele responda que não.
2. Espero que eles tenham gostado.
3. Sim, os materiais são muito diferentes. Eles têm que fazer uma avaliação dos métodos de ensino.
4. Não. Eles têm muita coisa em comum. Ambos começam pela teoria e depois partem para a explicação.
5. O livro didático e o material do GEF são uma simplificação do livro didático, enquanto o GREF não.
6. Resposta pessoal. Ele tem que fornecer um exemplo.
7. Espero que sim, mas com ressalvas.
8. Fazer uma resenha do filme assistido.
9. Fazer uma resenha do filme assistido.
10. Fazer uma resenha do filme assistido.

REFERÊNCIAS

- APPLETS-ELETROMAGNETISMO. Universidade do Colorado. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/professorpifer/Home/fisicamix/eletromagnetismo>>. Acesso em 15/10/2011.
- GEF-UFSM - Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/gef/>>. Acesso em 16/10/2011.
- GRAF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, Instituto de Física da USP - Leituras de física – Graf – **Eletromagnetismo para ler, fazer e pensar** – versão preliminar 14-19. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/graf/eletro/eletro1.pdf>>. Acesso em 15/10/2011.
- Projeto de ensino da UNESP Bauru. **Experimentos de física para o ensino médio e fundamental com materiais do dia-a-dia**. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele_list.htm >. Acesso em 16/10/2011.
- PSSC, Física - Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, Editora Universidade de Brasília, tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBECC-UNESCO.
- PSSC, **Guia do Professor de Física**– Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV, EDART, SP, traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo(CECISP).
- PSSC PHYSICS: A Personal Perspective, by Uri Haber-Schaim. Disponível em <<http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Haber-Schaim.pdf>>
- PSSC in Historical Context: Science, National Security, and American Culture during the Cold War, by John L. Rudolph”. Disponível em <<http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Rudolph.pdf>>
- ULIANA, Jorge Eduardo. **Comandos e motores elétricos**. Apostila disponível em: <http://apostilas.netsaber.com.br/apostilas/1077.pdf>. Acesso em 16/10/2011.
- Youtube. **Força Magnética e funcionamento do motor elétrico**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=m4-8OscX-Xw>>. Acesso em 16/10/2011.
- _____. **Funcionamiento Paso a Paso Del Motor Eléctrico: Motor de Corriente Continua**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=6JGyXDZBagg&feature=related>>. Acesso em 16/10/2011.
- _____. **Generador eléctrico de corriente alterna Encarta**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=rjH0bSf5uMU&feature=related>>. Acesso em 16/10/2011.

APÊNDICE – CONSTITUIÇÃO DO MOTOR DE INDUÇÃO

O motor assíncrono é constituído basicamente pelos seguintes elementos: um circuito magnético estático, constituído por chapas ferromagnéticas empilhadas e isoladas entre si, ao qual se dá o nome de estator; por bobinas localizadas em cavidades abertas no estator e alimentadas pela rede de corrente alternada; por um rotor constituído por um núcleo ferromagnético, também laminado, sobre o qual se encontra um enrolamento ou um conjunto de condutores paralelos, nos quais são induzidas correntes provocadas pela corrente alternada das bobinas do estator.

O rotor é apoiado num veio, que por sua vez transmite à carga a energia mecânica produzida. O entreferro (distância entre o rotor e o estator) é bastante reduzido, de forma a reduzir a corrente em vazio e, portanto as perdas, mas também para aumentar o fator de potência em vazio.

Como exemplo, apresentamos a “projeção” dos diversos elementos do motor assíncrono de rotor em gaiola de esquilo.

