

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**PPG**   
ensino de física

Jeremias Borges da Silva  
André Maurício Brinatti  
André Vitor Chaves de Andrade  
Sílvio Luiz Rutz da Silva  
(organizadores)

**MARLON LABAS**  
**FÁBIO AUGUSTO MEIRA CÁSSARO**



# **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday**

**SÉRIE**  
**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

**UEPG - PROEX**

SÉRIE

**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

Volume 3

MARLON LABAS

FÁBIO AUGUSTO MEIRA CÁSSARO

# Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday

Jeremias Borges da Silva  
André Maurício Brinatti  
André Vitor Chaves de Andrade  
Silvio Luiz Rutz Da Silva  
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX  
1a. Edição  
Ponta Grossa – PR  
2018

# UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Carlos Luciano Sant'Ana Vargas  
**REITOR**

Profa. Dra. Gisele Alves de Sá Quimelli  
**VICE-REITOR**

Profa. Dra. Marilisa Do Rocio Oliveira  
**PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS**

Profa. Dra. Osnara Maria Mongruel Gomes  
**PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO**

**PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MNPEF - POLO 35 – UEPG**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

*Colegiado*

Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (Coordenador)

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (*Vice-Coordenador*)

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes

Prof. Dr. Paulo César Facin

Aluno (*Rep. Discente*)

*Suplentes*

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Júlio Flemming Neto

## **SÉRIE:**

**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

## **CONSELHO EDITORIAL DA SÉRIE**

Prof. Dr. Alexandre Camilo Junior (UEPG)

Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)

Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)

Prof. Dr. Gelson Bisciaia de Souza (UEPG)

Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)

Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)

Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)

Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)

Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)

Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)

Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)

Prof. Dr. Luiz Fernando Pires (UEPG)

Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab (UEPG)

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Prof. Dr. Gerson Knipphoff da Cruz (UEPG)

Profa. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva (UEPG)

Prof. Dr. Adriano Reinaldo Viçoto Benvenho  
(UFABC)

Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin (UTFPR)

Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Jr  
(UEM)

Profa. Dra. Cleci Werner da Rosa (UPF)

Prof. Dr. José Ricardo Galvão (UTFPR)

Prof. Dr. Hércules Alves de Oliveira Jr. (UTFPR)

Profa. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)

Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves (UTFPR)

Prof. Dr. Marco Antonio Moreira (UFRGS)

Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak (UTFPR)

Profa. Dra. Sandra Mara Domiciano (UTFPR)

Profa. Dra. Sani de Carvalho Rutz da Silva (UTFPR)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748  
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ  
<http://www3.uepg.br/ppgef/>

SÉRIE

**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

Volume 3

MARLON LABAS

FÁBIO AUGUSTO MEIRA CÁSSARO

# Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday

Jeremias Borges da Silva  
André Maurício Brinatti  
André Vitor Chaves de Andrade  
Sílvia Luiz Rutz Da Silva  
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX  
1a. Edição  
Ponta Grossa – PR  
2018

L113d Labas, Marlon  
Do magnetismo à lei da indução eletromagnética de Faraday [livro eletrônico]/ Marlon Libas, Fábio Augusto Meira Cássaro. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 3).

86 p.; il.; e-book

ISBN: 978-85-63023-23-0

1. Ensino-aprendizagem. 2. Eletromagnetismo. 3. Magne-tismo. I. Cássaro, Fábio Augusto Meira. II. T.

CDD: 537

Ficha Catalográfica Elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos - CRB 9/986

Foto da Capa: Jorge Guillen

Disponível em:

<https://pixabay.com/pt/eletr%C3%B4nica-capacitor-componente-1001827/>



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição - Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

# PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos

educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes-pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdos para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

***Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva***

***Prof. Dr. André Maurício Brinatti***

***Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade***

***Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva***

*Organizadores*

## SUMÁRIO

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| APRESENTAÇÃO                                              | 09 |
| CONTEÚDO PROGRAMÁTICO                                     | 10 |
| REVISÃO CONCEITUAL                                        |    |
| Magnetismo                                                | 11 |
| Eletromagnetismo                                          | 11 |
| Surgimento do eletromagnetismo                            | 11 |
| Experimento de Oersted                                    | 12 |
| Eletroímã                                                 | 13 |
| Desdobramentos do experimento de Oersted                  | 14 |
| Experimento de Faraday                                    | 16 |
| Definindo fluxo magnético                                 | 18 |
| Interpretação da lei da indução eletromagnética           | 19 |
| Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética | 20 |
| Distribuição de energia elétrica                          | 21 |
| PLANOS DE AULA                                            |    |
| Concepções prévias – Elaboração de mapas conceituais      | 22 |
| Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã        | 24 |
| Experiência de Oersted                                    | 29 |
| Construção de eletroímãs                                  | 32 |
| Transformador de Faraday                                  | 37 |
| Experiência de Faraday                                    | 41 |
| Conceito de fluxo magnético                               | 44 |
| Lei da indução eletromagnética de Faraday                 | 48 |
| Produção de energia elétrica                              | 50 |
| Avaliação: Mapas conceituais                              | 56 |
| TEXTOS DE APOIO                                           |    |
| Modelo para avaliação via mapas conceituais               | 57 |
| AULA 05: Transformador de Faraday                         | 58 |
| AULA 09: Produção de energia elétrica                     | 59 |

## ROTEIROS EXPERIMENTAIS

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã | 61 |
| Experiência de Oersted                             | 64 |
| Experiência de Faraday                             | 66 |

## KITS EXPERIMENTAIS

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Mapeamento do campo magnético produzido por um ímã | 68 |
| Experiência de Oersted                             | 69 |
| Construção de eletroímãs                           | 72 |
| Transformador de Faraday                           | 74 |
| Experiência de Faraday                             | 82 |

## APRESENTAÇÃO

Caro professor!

Este manual faz parte do material didático elaborado como produto de um mestrado profissional em ensino de Física. Consiste no planejamento de uma sequência de dez aulas de aproximadamente quarenta e cinco minutos cada, destinadas a turmas do terceiro ano do Ensino Médio, com o intuito de abordar de forma teórica e experimental assuntos relacionados ao eletromagnetismo, até que se chegue ao estabelecimento da Lei da Indução eletromagnética de Faraday.

A proposta didática foi pensada seguindo algumas perspectivas epistemológicas da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e complementada por Joseph Novak. Para esses pensadores, a ocorrência da aprendizagem significativa requer: do aprendiz a disposição para aprender; do professor, materiais potencialmente significativos e do currículo, algum conhecimento relevante. Sendo assim, como professores, buscamos oferecer atividades experimentais que criassem o ambiente necessário ao surgimento do interesse, da motivação, tão necessários para o estudo desses assuntos e de sua efetiva aprendizagem.

Procuramos adotar uma sequência de apresentação desses conteúdos de acordo como o conhecimento se desenvolveu e ocorreu historicamente, destacando seus personagens principais. Alguns conteúdos foram adaptados de tal forma que seja possível aos aprendizes modificarem seu conhecimento prévio de maneira gradual. Propusemos a utilização de vários recursos didáticos, tais como: a elaboração de mapas conceituais, a construção de material didático para a realização de experimentos (kits experimentais) e finalmente alguma simulação computacional, disponível para utilização imediata na internet.

Os professores terão para seu uso os planos de aulas, textos de apoio e orientações para a construção dos kits experimentais utilizados nas aulas. Naturalmente não se trata de um trabalho fechado, ou seja, o professor tem total autonomia para implementá-lo, modificá-lo e enriquecê-lo.

Desejamos que o professor se inspire e caso queira, utilize esse material na sua prática didática, assim um maior número de estudantes se beneficiará de nossa proposta.

Bom proveito!

## **CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

### **BÁSICO**

- Eletromagnetismo;
- Lei da indução eletromagnética (Lei de Faraday).

### **ESPECÍFICO**

- Propriedades e configurações de campos magnéticos;
- Experiência de Oersted e o surgimento do eletromagnetismo;
- Eletroímãs, ferromagnetismo e domínios magnéticos;
- Transformador de Michael Faraday: produção de eletricidade a partir de um fenômeno eletromagnético;
- Experimento de Faraday: princípio físico da geração de eletricidade;
- Fluxo magnético;
- Produção de energia elétrica.

## REVISÃO CONCEITUAL

### Magnetismo

Até o século XVIII pouco se sabia sobre o *magnetismo*. O termo que define os fenômeno magnético provém do nome Magnésia, uma região costeira da antiga Tessália, na Grécia, onde pedras incomuns eram encontradas pelos gregos há mais de 2.000 anos. Tais pedras possuem a propriedade intrigante de interagir, atrair pedaços de ferro.

Ímãs naturais, assim foram chamadas as pedras que atraíam pedaços de ferro. Os chineses, por volta do século XII, foram os primeiros a utilizar os ímãs na confecção de bússolas o que favoreceu a navegação.

Na época medieval, Pierre de Maricourt (1220-1270), engenheiro militar francês destacou-se por seu conhecimento sobre ímãs. Atribui-se a ele a denominação de polos, bem como a ideia de monopolo magnético. Pierre teria inclusive descrito em seus trabalhos uma máquina magnética de movimento perpétuo.

Em 1600, William Gilbert (1544-1603) confeccionou ímãs artificiais esfregando pedaços de ferro comum em magnetita. Nessa época, publica “De Magnete”, onde adota a ideia de uma “esfera de influência” em torno do ímã (campo), por observação mostra que a atração elétrica e magnética tinham naturezas diferentes, uma podia ser barrada pela umidade do ar ou pela água e a outra não.

Foi Gilbert quem teve a percepção de que a Terra se comporta como uma grande esfera magnética, ao realizar uma experiência com ímã esférico (Terrella) mostrou que a agulha magnética sempre aponta na direção dos polos magnéticos da Terra. Depois de Gilbert, por mais de 200 anos pouco se avançou no estudo dos fenômenos magnéticos.

### Surgimento do Eletromagnetismo

Para contextualizar acerca dos interesses científicos, sociais e econômicos do início do século XIX, sugere-se assistir o documentário: *Choque e temor – A história da Eletricidade – Episódio 2: A era da invenção*.<sup>1</sup>

O maior interesse nessa época eram os estudos sobre *eletricidade*, especialmente após a invenção de Alessandro Volta (1745-1827), a pilha eletrolítica que possibilitou a elaboração

---

<sup>1</sup> Disponível em: [http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l\\_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao\\_school](http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school), acesso em 10 de outubro de 2015.

de diversos experimentos. Nesse contexto o magnetismo, que parecia tratar de fenômenos distintos da eletricidade, mantinha-se à margem dos estudos. Ainda que alguns cientistas já desconfiassem que eletricidade e magnetismo pudessem estar relacionados, todas as tentativas de se estabelecer um elo entre esses fenômenos por meio da ação eletrostática tinham sido infrutíferas.

O cenário mudaria em 1820, quando Hans Cristian Oersted (1777-1851) anuncia em um artigo intitulado “Experiência a respeito do efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética” um experimento por ele elaborado que demonstrava uma conexão entre fenômenos elétricos (corrente elétrica) e magnéticos inaugurando assim um novo ramo de pesquisa: o *eletromagnetismo*.

## **Experimento de Oersted**

O experimento elaborado por Oersted foi um marco na comprovação do fenômeno eletromagnético e resultou em uma febre de experiências e descobertas que sucederam sua publicação.

Experiências com espiras percorridas por corrente elétrica contínua demonstram que elas interagem como se fossem ímãs, o que levou à ideia de que o magnetismo de ímãs naturais poderia ser explicado considerando que o ímã fosse constituído de um material composto por uma infinidade de pequenas espiras por onde passavam correntes. Essa ideia foi proposta originalmente por André-Marie Ampère (1775-1836), e por essa razão, tais correntes ficaram conhecidas como “correntes amperianas”.

Outros personagens importantes foram os franceses Jean-Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841), cujos estudos permitiram entre outras coisas determinar que a intensidade da força magnética é proporcional ao inverso da distância. A partir desses estudos, Laplace (1749-1828) obteve a chamada *Lei de Biot-Savart*, que permitiu então calcular o campo magnético criado pela passagem de uma corrente por um elemento de fio.

Todas essas descobertas revelaram um aspecto surpreendente desse novo tipo de interação física. A ideia de *força central*, observada na Gravitação Universal de Newton e na Lei de Coulomb, não era capaz de explicar a deflexão na agulha da bússola em sua interação com um fio percorrido por corrente elétrica. Esse problema somente será resolvido por Michael Faraday (1791-1867) quando propõe o conceito de *campo*.

## Eletroímã

Corrente elétrica ao percorrer um fio metálico produz um efeito magnético em seu entorno. Esse fio ao ser enrolado na forma de um conjunto de espiras produz um campo magnético semelhante ao campo produzido por um “ímã natural”. Nessa situação criou-se o que é denominado de um eletroímã, um ímã criado pela passagem de corrente elétrica em um fio convenientemente enrolado.

Há uma variedade de aplicações tecnológicas dos eletroímãs. Eletroímãs suficientemente potentes podem erguer automóveis e são de uso comum em depósitos de ferro velho, como podemos conferir no vídeo “Electromagnet tosses V-8 Engine. (Science in the everyday world!)”<sup>2</sup>.



Figura 1 <sup>3</sup> – Eletroímã em utilizado em ferro velho.

Eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior de sua bobina. Os domínios magnéticos dos núcleos do ferro são forçados a se alinhar com o campo magnético da bobina, reforçando a intensidade do campo magnético. Em eletroímãs extremamente fortes, como os que são usados para controlar feixes de partículas carregadas em aceleradores de alta energia, não se usa o ferro como núcleo porque, além de um determinado ponto, todos os seus domínios estão alinhados e nenhum reforço do campo se consegue daí em diante. (HEWITT, 2011).

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BQA5VDXE7ts> , acesso em janeiro de 2016.

<sup>3</sup> Disponível em [http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207\\_042014-F.jpg](http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207_042014-F.jpg) , acesso em janeiro de 2016.



Figura 2 - Ilustração dos domínios magnéticos

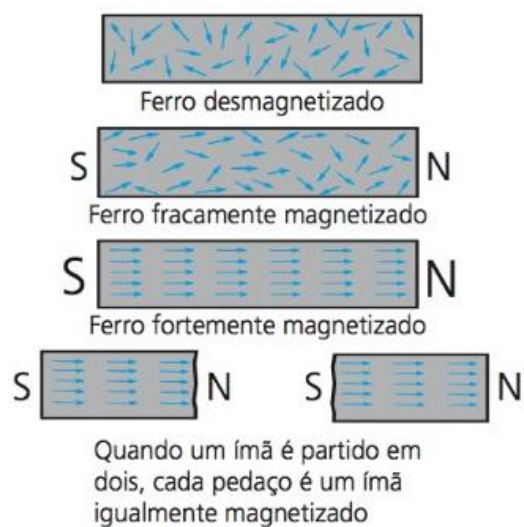


Figura 3 - Magnetização de um pedaço de ferro

Outra constatação importante sobre o funcionamento dos eletroímãs diz respeito ao número de espiras que possuem. O número de espiras afeta diretamente a intensidade do campo produzido pela corrente elétrica. Quanto maior o número de voltas, mais intenso será o eletroímã, isso porque, cada espira funciona como um eletroímã individual e, portanto, seus efeitos se somam ao serem encadeadas entre si.

## Desdobramentos do experimento de Oersted

A descoberta de Oersted divulgada em julho de 1820 desencadeou uma série de experiências e descobertas. Em 1821, ao ser solicitado pelo editor da revista *Annals of Philosophy* a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo, publicadas no ano anterior, Michael Faraday não demorou em perceber que não podia se limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros cientistas, que as correntes elétricas estacionárias produziam efeitos magnéticos. Ou seja, um fenômeno elétrico pode produzir um fenômeno magnético, a grande questão que surge nessa época era se o inverso poderia ocorrer, isto é: será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?

Ele elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes.

Não obteve sucesso algum até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento (figura 4). Esse experimento ficaria conhecido como: o transformador de Faraday.



Figura 4 <sup>4</sup> – Foto do anel de ferro, utilizado por Faraday em suas experiências de 1831.

Ao realizar experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro (figura 5), notou, acidentalmente, que surgia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina.

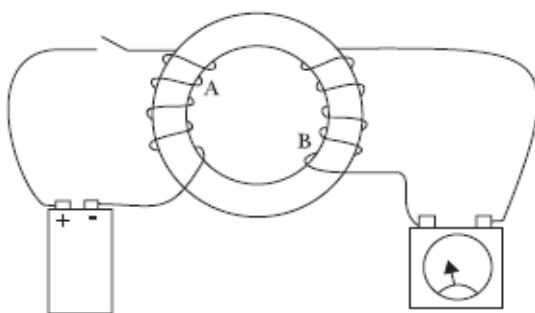


Figura 5 – Representação esquemática da montagem experimental que permitiu Faraday observar o fenômeno da indução magnética.

Dito de outro modo, toda vez que a corrente variava num fio (circuito primário, A na Fig. 5), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito secundário, B na Fig. 5), colocado nas suas vizinhanças. Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, logo em

---

4 Disponível em <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAA3l0AB-24.jpg> , acesso em janeiro de 2016.

seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenômeno, porém sua presença intensificava o efeito.<sup>5</sup>

## Experimento de Faraday

Logo após realizar a experiência conhecida como “transformador de Faraday”, ele mostrou que se um ímã fosse introduzido em uma bobina (Figura 6), uma corrente seria induzida neste circuito, no momento em que se fosse colocado ou retirado das proximidades da bobina.

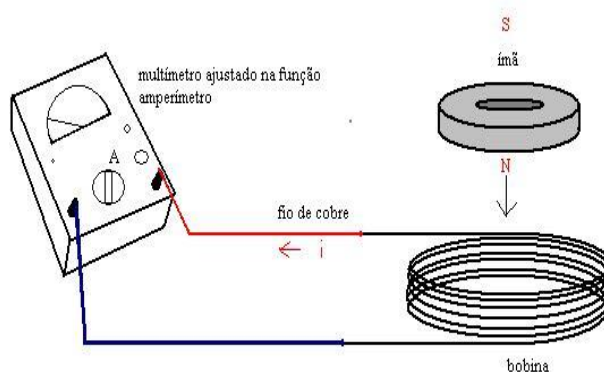


Figura 6 – Montagem experimental

Após estas e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era **variação**, e utilizando o conceito de linhas de força, sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num conjunto de espiras. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra **campo** para se referir à disposição e à intensidade das linhas no espaço.

Uma consequência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente elétrica. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como dínamo de disco de Faraday (Figuras. 7 e 8). Nele, um disco de cobre, girando entre os pólos de um ímã, gera uma corrente elétrica contínua num circuito ligado ao disco através de escovas.

---

<sup>5</sup> Texto adaptado de: ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das idéias da física [online]. Salvador: EDUFBA, 2002.

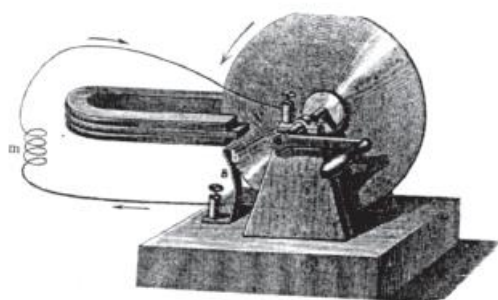


Figura 7 – Dínamo de disco de Faraday

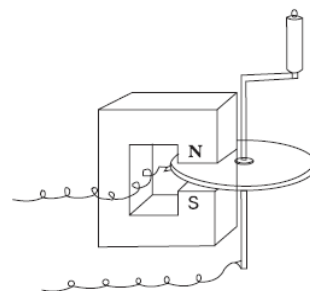


Figura 8 – representação esquemática

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados. Como exemplo, o gerador construído pelo francês Hippolyte Pixii que, na época (1832), trabalhava com Ampère; nesta máquina, os pólos magnéticos de um ímã giram em relação a duas bobinas fixas (Figs. 9 e 10).

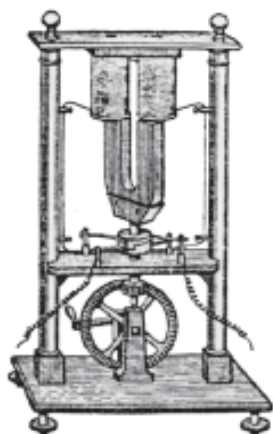


Figura 9 – Gerador eletromagnético de 1832

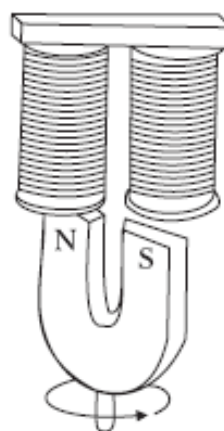


Figura 10 – Representação esquemática

Logo em seguida, surgem geradores nos quais só a bobina gira em relação aos polos magnéticos fixos. A produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, a partir de usinas hidrelétricas, só se tornou realidade nas últimas décadas do século XIX.

## Definindo fluxo magnético

Define-se *fluxo magnético* através de uma superfície como a integral do produto escalar do vetor indução magnética (campo magnético) pelo elemento diferencial de área ao longo de toda a superfície em consideração. Matematicamente o fluxo magnético é dado pela seguinte expressão:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

No caso específico de um campo magnético uniforme, o resultado dessa integral fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

onde  $B$  é a intensidade do campo magnético que atravessa a região delimitada pela área ( $A$ ) e  $\theta$  é o ângulo formado entre o vetor normal à área  $A$  e o vetor  $B$ .

Em geral, se deseja obter o fluxo magnético através de uma superfície limitada por uma bobina. Se a bobina tem  $N$  voltas, então o fluxo total será a soma dos fluxos que passam em cada espira da bobina. Considerando-se que as espiras estão suficientemente próximas umas das outras, podemos considerar que o campo magnético é o mesmo em cada espira, ou seja, para um campo magnético uniforme aplicado sobre a bobina, teremos que o valor do fluxo fica:

$$\Phi = NBA \cos \theta$$

A figura<sup>6</sup> abaixo pode facilitar o entendimento a visualização e entendimento desse conceito.

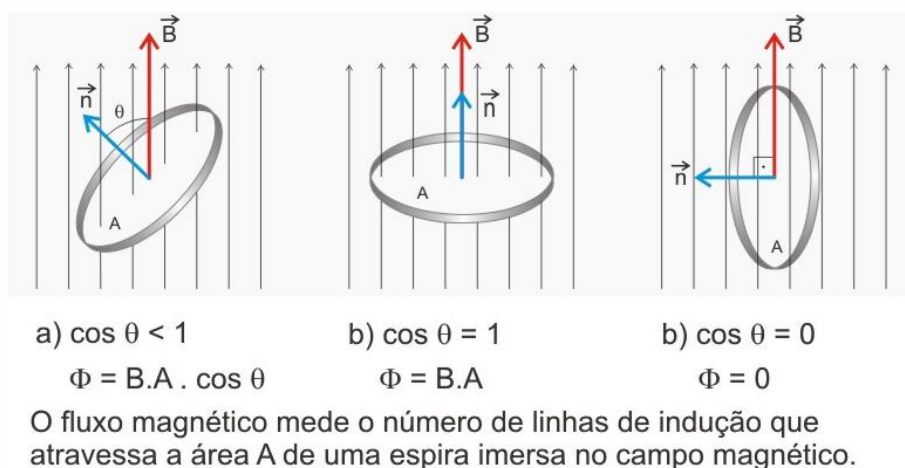


Figura 11 – Representação do fluxo magnético por uma espira de área  $A$

6 Disponível em [http://2.bp.blogspot.com/\\_JJ4o4Jcg48/TLyv2IvyOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j\\_YLEg/s1600/espira+2.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_JJ4o4Jcg48/TLyv2IvyOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j_YLEg/s1600/espira+2.jpg), acesso em fevereiro de 2015.

É importante perceber que o conceito de fluxo magnético evolui do conceito de campo magnético de Faraday.

Em 1831, Faraday afirmou que a corrente elétrica induzida por um campo magnético em um circuito fechado é proporcional à taxa de variação temporal do número de linhas de fluxo magnético que atravessam a área delimitada pelo circuito.

O físico russo Heinrich F. E. Lenz (1804-1865), em 1834, chega às mesmas descobertas de Faraday, entretanto, ele mostra que os efeitos de uma corrente induzida por forças eletromagnéticas sempre se opõem a essas mesmas forças, o que chamamos de lei de Lenz, a qual complementou as ideias de Faraday.

Um dos problemas encontrados pela comunidade científica para compreender o que Faraday estava dizendo deveu-se ao fato de que ele definiu sua lei de maneira verbal, usando o arcabouço de linhas de campo que ele mesmo havia desenvolvido. De modo que ele nunca chegou a uma expressão matemática que resumisse o fenômeno.

Por volta de 1845, o físico alemão Franz E. Neumann (1798-1895) expressa as ideias de Faraday e Lenz em uma fórmula, segundo a qual a força eletromotriz induzida (d.d.p. induzida) em um circuito é igual à variação temporal do fluxo magnético que o atravessa, essa expressão ficaria conhecida por *Lei de Faraday-Neumann-Lenz*:

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

### Interpretação da lei de indução eletromagnética

*Como variar* temporalmente o fluxo magnético por uma espira com o intuito de induzir uma ddp e, portanto, uma corrente elétrica?

Devemos analisar cada termo que define a grandeza fluxo magnético para avaliar como fazer essa variação. Por simplicidade consideraremos o campo magnético uniforme na espira, assim a expressão para determinar o fluxo magnético fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

Para se obter a variação dessa grandeza, podemos:

- ***Variar a intensidade do campo magnético.***

Por exemplo, aproximando ou afastando um ímã da espira.

- **Variar a área da espira.**

É possível variar a área de uma espira imersa em um campo constante, fazendo uma das hastes do circuito se mover (figura 12). Inclusive, esse é um “problema típico” sobre esse assunto, muito presente em provas de vestibulares. A figura<sup>7</sup> ilustra essa maneira de variar a área e assim induzir corrente no circuito.

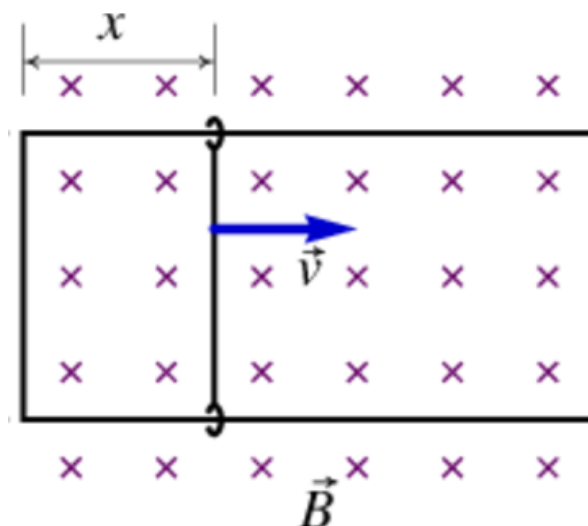


Figura 12 - Circuito imerso em campo magnético uniforme

- **Variar o ângulo entre o vetor  $B$  e o vetor normal à área.**

Ao se rotacionar uma espira imersa em um campo magnético varia-se o ângulo entre os vetores  $B$  e  $n$ , o que também induzirá uma *ddp* nessa espira.

## Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética

As usinas possuem geradores elétricos, são eles que produzem a energia elétrica que utilizamos, mas como? O princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico baseia-se na indução eletromagnética, mais especificamente, no conhecimento de que um campo magnético variável na região onde estão as bobinas do gerador produz uma força eletromotriz induzida (*f.e.m. induzida*).

No gerador, bobinas são fixadas em posições ao redor de um eixo. Nesse eixo, o qual pode rotacionar, são fixados ímãs (ou eletroímãs). Quando esse eixo é posto a girar, os fluxos dos campos magnéticos nas bobinas variam e produzem uma tensão induzida nelas. A

<sup>7</sup> Disponível em [https://def.fe.up.pt/electricidade/img/exe\\_espira\\_variavel\\_240.png](https://def.fe.up.pt/electricidade/img/exe_espira_variavel_240.png), acesso em maio de 2015.

tensão elétrica assim produzida é fornecida através das redes elétricas que são vistas nas cidades e no campo.

É importante destacar que a corrente induzida por esses geradores é do tipo *alternada*, com um período determinado pela velocidade de rotação dos eixos dos geradores.

## **Distribuição de energia elétrica**

Uma vez produzida a eletricidade das usinas geradoras precisa chegar às cidades e ao campo, para isso é necessária a existência de grandes redes de distribuição.

Para abastecer grandes populações é necessário um sistema que minimize as perdas de energia ao longo do circuito de distribuição. Para reduzir as perdas por aquecimento dos fios condutores (efeito Joule), utiliza-se um *transformador*. Ao elevar-se a tensão reduz-se a corrente no circuito, pois:

$$E_n = P\Delta t \rightarrow E_n = (Ui)\Delta t$$

De modo que na saída da usina geradora a tensão é elevada por transformadores atingindo valores entre 10 mil e 300 mil volts. Ao chegar próximo às unidades consumidoras (indústrias, residências e etc) a tensão é reduzida de acordo com a necessidade. No Brasil, a tensão disponível nas residências é de 110 V ou de 220 V.

Deve-se lembrar que:

*O princípio de funcionamento do transformador baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. O aparelho é capaz de induzir uma corrente elétrica no circuito secundário quando a corrente for variável no circuito primário ligado à fonte de energia elétrica. Alterando-se o número de voltas de fio do circuito secundário em relação ao número de voltas de fio no circuito primário em torno do núcleo de ferro, obtém-se uma mudança no valor da tensão elétrica induzida no circuito secundário. Em consequência, a corrente elétrica também muda de intensidade em relação a seu valor no circuito primário. (Toscano, 2015)*

# PLANOS DE AULA

## CONCEPÇÕES PRÉVIAS – ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Teórica**

AULA: **01/10**

### ASSUNTO

- Eletromagnetismo.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Coletar informações sobre as concepções prévias dos estudantes sobre o tema a ser estudado (subsunçores) através dos mapas conceituais por eles elaborados.

#### ESPECÍFICOS

- Verificar o nível de conhecimento dos estudantes a respeito do tema “Eletromagnetismo”;
- Procurar evidências de conhecimento da relação entre os fenômenos “eletricidade” e “magnetismo”.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Proposta de atividade**

Nesta primeira atividade os estudantes irão elaborar mapas conceituais. Portanto, é necessário que o professor tenha trabalhado previamente com seus alunos esse recurso didático. Recomenda-se que os estudantes estejam bem familiarizados com esse tipo de atividade.

O professor inicia a aula propondo a construção, por parte dos estudantes, de mapas conceituais sobre o tema: *Eletromagnetismo*.

É importante frisar aos estudantes que essa atividade fará parte da avaliação. Entretanto, deve ser frisado que a avaliação será contínua e ao longo do processo, e que neste primeiro momento não será avaliado especificamente a precisão do conteúdo dos mapas. Porém que é importante destacar que eles devem registrar todas as informações e/ou conhecimento a respeito do tema proposto, bem como fazer as relações entre os conceitos conhecidos.

O professor deverá fornecer as folhas para registro dos mapas conceituais, podemos optar por utilizar o modelo sugerido em anexo (*Produto Educacional*).

### **SÍNTESE INTEGRADORA**

Nos minutos finais da aula, quando os estudantes já estiverem concluindo seus mapas, o professor deverá explicar que essa atividade servirá para compor inicialmente a avaliação da aprendizagem em uma sequência de aulas. É possível adiantar que a sequência incluirá aulas práticas e teóricas com o intuito de preparar e despertar o interesse nos educandos.

### **AVALIAÇÃO**

Essa aula inaugura uma sequência didática de 10 aulas e foi pensada para se obter informações sobre os subsunçores dos estudantes. A avaliação será contínua e ao longo das aulas, ao final, os estudantes serão avaliados através da elaboração de um mapa conceitual a respeito dos fenômenos observados e conceitos aprendidos.

### **RECURSOS FÍSICOS**

Quadro, giz e folhas de papel A4.

### **BIBLIOGRAFIA**

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, março de 2003, Curitiba.

# PLANO DE AULA

## MAPEAMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UM ÍMÃ

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Experimental**

AULA: **02/10**

### ASSUNTO

- Propriedades e configurações de campos magnéticos.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Observar a interação entre ímãs para reconhecer a atração e repulsão magnética;
- Mapear o campo magnéticos terrestre e de um ímã para visualizar suas configurações e propriedades.

#### ESPECÍFICOS

- Perceber que o alinhamento de uma bússola com o campo magnético da própria Terra ocorre porque a bússola e a Terra são ímãs;
- Desenhar as linhas de campo magnético de um ímã utilizando uma bússola para visualizar sua configuração e apresentar o conceito de vetor tangente às linhas de campo (vetor indução magnética).

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Interação entre ímãs**

Inicia-se a aula disponibilizando aos estudantes 02 ímãs, propõe-se que aproximem os ímãs, observem o que acontece. Os ímãs devem ser preparados previamente, identificando

suas faces como, por exemplo, 1 e 2 (polo norte e sul). O professor solicita que os alunos descrevam e registrem suas observações no roteiro experimental fornecido (*Produto Educacional*). Após breve discussão, o professor organiza e registra na lousa as observações dos estudantes, espera-se que os estudantes notem que:

- *A interação entre ímãs é atrativa ou repulsiva;*
- *Quando dois ímãs estão dispostos de modo que se repelem (face 1 com face 1 ou face 2 com face 2), podemos facilmente fazê-los atraírem-se, bastando girar um dos ímãs aproximando faces com números distintos.*

O professor deve explicar nesse momento qual o propósito das marcações nas faces dos ímãs, explicando que os ímãs possuem dois polos inseparáveis, sendo que historicamente foram chamados norte e sul. E que se a face com o número 1 equivale ao polo norte a face com o número 2 corresponderá ao polo sul do ímã, e vice versa.

### **Bússola e o campo magnético terrestre**

Depois de feitas as observações sobre a interação magnética entre ímãs, o professor fornecerá aos estudantes uma bússola e mais 4 ímãs (para, combinado aos outros 2 ímãs formar um único ímã mais intenso). Imediatamente os estudantes devem perceber que a agulha bússola interage com o ímã, indicando a natureza magnética dessa agulha. O professor deve induzir os estudantes a reconhecerem a bússola como um ímã.

Pergunta-se aos estudantes:

*"Na ausência de um ímã próximo à bússola, qual o comportamento da sua agulha?"*

Após alguma especulação, propõe-se afastar o ímã da bússola e observar seu comportamento. O professor pode sugerir que os estudantes girem a bússola para observar se é possível desfazer o alinhamento da agulha, por exemplo, fazendo o norte da agulha apontar em qualquer direção. A conclusão, mediada pelo professor, a que os estudantes devem chegar é:

- *Na ausência da influência magnética do ímã, a agulha da bússola sempre aponta em determinada direção, o que indica a existência de um campo magnético externo atuando em seu direcionamento.*

O professor pode então sugerir a ideia de um campo magnético produzido pela Terra e propor seu mapeamento (*Parte III do roteiro experimental*). O mapeamento do campo magnético terrestre indicará que este se trata de um campo "aparentemente constante" (uniforme) cujas linhas de força são paralelas entre si. Neste momento, o professor deve destacar a importância do campo magnético terrestre apresentar essa configuração, a qual associada ao uso correto da bússola favoreceu as grandes navegações, e outros eventos histórico-sociais que julgar relevante.

### **Bússola e o campo magnético de um ímã**

Nesse momento da aula os estudantes já devem saber como um ímã interage com outro ímã, com o campo magnético terrestre e qual o formato local desse campo. O professor deve propor o seguinte questionamento:

*"Mapeado o campo magnético terrestre aqui na sala, qual será o formato do campo magnético produzido pelo ímã que foi fornecido a vocês?"*

Propor seu mapeamento (*Parte V do roteiro experimental*).

O mapeamento do campo magnético dos ímãs fornecidos deverá resultar em imagens que se assemelham a figura a seguir:

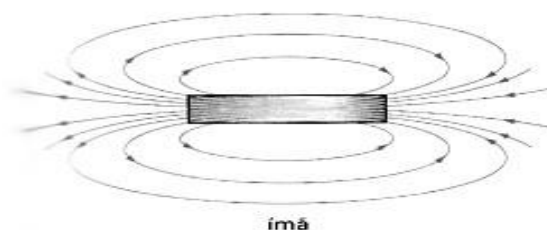


Figura 1 - Linhas de campo magnético de um ímã em formato de barra<sup>8</sup>

### **SÍNTESE INTEGRADORA**

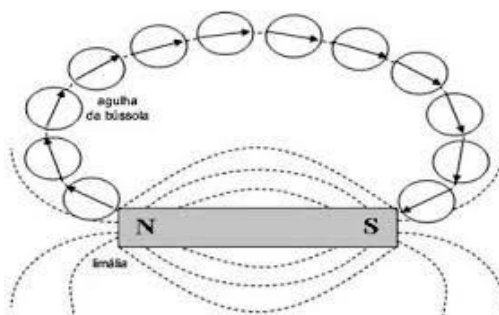
Depois de mapeados os campos magnéticos terrestre e do ímã, a aula segue para a discussão dos desenhos obtidos experimentalmente. O professor deverá fomentar e mediar a discussão sobre os resultados experimentais, especialmente se alguma equipe obtiver um resultado (formato de campo) muito diferente do esperado. Nesse caso, poderão ser levantadas hipóteses a respeito do método adotado pelos estudantes, do cuidado durante a execução da prática, da influência de outros campos magnéticos (que eventualmente foram

---

<sup>8</sup> Disponível em: [http://fap.if.usp.br/~lumini/f\\_bativ/f1exper/magnet/imag/cxmag09.jpg](http://fap.if.usp.br/~lumini/f_bativ/f1exper/magnet/imag/cxmag09.jpg), acesso em janeiro de 2015.

negligenciados), entre outras. Dependendo o caso, as falhas e/ou "erros" experimentais poderão servir de motivação para o planejamento de outra atividade experimental que busque investigar tais discrepâncias.

No terceiro momento da aula, ao mapear o campo magnético do ímã fornecido utilizando a bússola, o desenho da linha de campo obtido se assemelha ao da figura<sup>9</sup>:



O professor deverá apresentar a ideia de considerar a agulha da bússola como um tipo de vetor tangente a linha de campo magnético produzido pelo ímã. Extrapolando essa ideia para o conceito de *vetor indução magnética*. Vetor utilizado para representar a direção e sentido do campo magnético num dado ponto. A intensidade do campo está ligada à densidade dessas linhas: mais intenso o campo quanto maior o número de linhas e vice versa. Por exemplo, verificar-se-á que nas extremidades (polos) do ímã há uma concentração grande de linhas, indicando que nesses pontos a intensidade do campo é maior. Explorando ainda mais esse aspecto, pode-se inferir que à medida que se afasta a bússola do ímã diminui-se a interação entre eles. Isso está relacionado ao fato de que a intensidade do campo magnético produzido pelo ímã diminui à medida que nos afastamos dele.

Para finalizar a aula, o professor exibirá o vídeo *Magnetic Field Demonstrations Bar and Horseshoe Magnets*<sup>10</sup> produzido pela University of Southern Queensland (Austrália) no qual é mostrada a configuração em 3D do campo magnético de um ímã de barra (configuração semelhante à obtida durante o experimento) e de um ímã em forma de ferradura. A visualização em 3D deve favorecer a interpretação do desenho das linhas de campo obtido experimentalmente.

## AVALIAÇÃO

9 Extraída do trabalho disponível no link:

[http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2009/MarceloB-Ennio\\_RF2.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2009/MarceloB-Ennio_RF2.pdf)

10 Disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=vhCaXWJ5nUo&feature=youtu.be>

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseada no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução da atividade e a partir das discussões e conclusões durante a síntese integradora.

Essa aula inaugura a parte experimental de uma sequência didática de 10 aulas. Ao final dessas aulas, os estudantes serão avaliados através da elaboração de um mapa conceitual a respeito dos fenômenos observados e conceitos aprendidos.

### RECURSOS FÍSICOS

Quadro e giz, folhas de papel A4, ímãs, bússolas e projetor para exibição do vídeo (opcional).

### BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

### DESAFIOS

1. Estudar sobre a descoberta da bússola em:

BAEYER, Hans Christian von. Arco-íris, flocos de neve, quarks: a física e o mundo que nos rodeia, pags. 115 a 130. Tradução Luiz Euclides Trindade Frazão Filho – Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1994.

2. Pesquisar na internet (de preferência em páginas de universidades) e na Enciclopédia sobre o cientista inglês William Gilbert e seu livro “De Magnete”, que considera o planeta Terra como um grande ímã.

3. Saiba como construir um pêndulo totalmente caótico usando ímãs em:

VALADARES, Eduardo dos Campos. Física mais que divertida, pag. 117. 2ª edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

# PLANO DE AULA

## EXPERIÊNCIA DE OERSTED

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Experimental**

AULA: **03/10**

### ASSUNTO

- Experiência de Oersted e o surgimento do eletromagnetismo.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Observar a interação entre ímãs (bússolas) e um fio condutor percorrido por corrente elétrica;
- Reconhecer o papel da “experiência de Oersted” no processo de unificação dos estudos sobre *eletricidade* e *magnetismo* no denominado *eletromagnetismo*.

#### ESPECÍFICOS

- Perceber que a deflexão da agulha da bússola é resultado do aparecimento de um *campo magnético* produzido pela corrente elétrica que atravessa um fio condutor;
- Discutir conceitualmente o insucesso ao tentar explicar o fenômeno através da visão mecanicista de *força central*, que será resolvido por Faraday ao propor *linhas de força* e o *conceito de campo*.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Contexto histórico: Surgimento do Eletromagnetismo**

Inicia-se a aula apresentando uma breve contextualização a respeito dos interesses científicos, sociais e econômicos do início do século XIX, para tal, apresenta-se um pequeno

trecho do documentário: *Choque e temor – A história da Eletricidade – Episódio 2: A era da invenção*.<sup>11</sup>

O professor deve destacar que o maior interesse nessa época era nos estudos sobre *eletricidade*, especialmente após a invenção de Alessandro Volta (pilha eletrolítica), a qual possibilitou a elaboração de diversos experimentos. Nesse contexto o *magnetismo*, que parecia tratar de fenômenos distintos da eletricidade, mantinha-se à margem desses estudos. Ainda que alguns cientistas já desconfiassem que eletricidade e magnetismo pudessem estar relacionados, todas as tentativas de se estabelecer um elo entre esses fenômenos por meio da ação eletrostática tinham sido infrutíferas.

O cenário mudaria em 1820, quando Hans Cristian Oersted anunciou em um artigo intitulado “Experiência a respeito do efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética” um experimento por ele elaborado que demonstrava uma conexão entre fenômenos elétricos (corrente elétrica) e magnéticos, inaugurando assim um novo ramo de pesquisa: o *eletromagnetismo*.

### **Experimento de Oersted**

Nesse momento o professor fornece aos alunos o roteiro experimental dessa aula (*Produto Educacional*) e os orienta na execução do experimento e em sua interpretação.

### **SÍNTESE INTEGRADORA**

O professor deverá resgatar a relevância histórico-científica do experimento elaborado por Oersted (a ser realizado pelos estudantes), na comprovação do fenômeno eletromagnético, bem como a realização posterior de experiências e descobertas que sucederam sua publicação.

As experiências com espiras propostas durante a aula demonstram que elas interagem como se fossem ímãs, o que levou à ideia de que o magnetismo de ímãs naturais poderia ser explicado considerando-se que o ímã fosse constituído de um material composto por uma infinidade de pequenas espiras por onde passavam correntes. Essa ideia foi proposta originalmente por Ampère, e por essa razão, tais correntes ficaram conhecidas como “correntes amperianas”.

É importante também, destacar o papel dos franceses Jean B. Biot e Félix Savart, cujos estudos permitiram, dentre outras coisas, determinar que a intensidade da força magnética é proporcional ao inverso da distância. A partir desses estudos, Laplace (1749-1828) obteve a

---

11 Disponível em: [http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l\\_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao\\_school](http://www.dailymotion.com/video/x2e5y2l_choque-e-temor-a-historia-da-eletricidade-ep-2-a-era-da-invencao_school), acesso em 10 de outubro de 2015.

chamada *Lei de Biot-Savart*, que permite o cálculo do campo magnético criado pela passagem de uma corrente em um fio longo e retilíneo.

Ao final da aula, o professor pode sintetizar como todas essas descobertas revelaram um aspecto surpreendente desse novo tipo de interação física. A ideia de *força central*, observada na Gravitação Universal de Newton e na Lei de Coulomb, não é capaz de explicar a deflexão na agulha da bússola quando interage com o fio percorrido por corrente elétrica. Esse problema somente será resolvido por Michael Faraday quando propõe o conceito de *campo*.

### AValiação

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseada no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução da atividade e a partir das discussões e conclusões durante a síntese integradora.

Essa aula trata do experimento que estabelece uma das grandes unificações na Física, o eletromagnetismo e, portanto, é fundamental avaliar qualitativamente se os estudantes conseguiram perceber os fenômenos e suas causas.

### RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, folhas de papel A4, bússolas, circuito para o experimento (Fios, lâmpada, interruptor e fonte 12 V) e projetor para exibição do vídeo.

### BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia e REIS, José Cláudio. Breve história da Ciência moderna, volume 4: A belle-époque da ciência. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

### DESAFIO

1. Para saber sobre a história do campo magnético e sua relação com a experiência de Oersted, consulte:

STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 164. São Paulo: Edições SM, 2013.

# PLANO DE AULA

## CONSTRUÇÃO DE ELETROÍMÃS

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Experimental**

AULA: **04/10**

### ASSUNTO

- Eletroímãs, ferromagnetismo e domínios magnéticos.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Construir eletroímãs e observar seu funcionamento.

#### ESPECÍFICOS

- Reconhecer que o magnetismo de um eletroímã é resultado da passagem da corrente elétrica pelo enrolamento do fio;
- Observar que a intensidade do magnetismo do eletroímã é diretamente proporcional ao número de espiras no entorno do material ferromagnético;
- Discutir o fenômeno e sua relação com os chamados *domínios magnéticos*.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Contexto: Experimento de Oersted e o eletroímã**

Retoma-se a discussão sobre as observações experimentais da aula anterior, relembrando o experimento de Oersted e seus desdobramentos.

O professor deve resgatar o experimento das espiras percorridas por corrente elétrica. É preciso reforçar a ideia de que corrente elétrica ao percorrer um fio condutor produz um efeito magnético em seu entorno, e que se enrolarmos o filamento em formato de espira, este

gera um campo magnético semelhante ao que é produzido por um “ímã natural”. Ou seja, um eletroímã reproduz o comportamento de um ímã quando corrente elétrica circula pelo seu enrolamento. Desta forma o professor recupera a imagem (do campo magnético de um ímã) formada experimentalmente na segunda aula dessa sequência.

Na sequência o professor destaca a variedade de aplicações tecnológicas dos eletroímãs, por exemplo, quando estes são suficientemente potentes podem erguer automóveis e são de uso comum, por exemplo, em depósitos de ferro velho. Se possível, projetar a figura abaixo ou o vídeo<sup>12</sup>.



Figura 1 <sup>13</sup> – Eletroímã em utilizado em ferro velho.

É importante destacar que eletroímãs industriais têm suas intensidades reforçadas pela introdução de um núcleo de ferro no interior de seu enrolamento. Os domínios magnéticos do ferro do núcleo são forçados a se alinharem com o campo magnético da bobina, reforçando a intensidade do campo. Em eletroímãs extremamente fortes, como os que são usados para controlar feixes de partículas carregadas em aceleradores de alta energia, não se usa o ferro como núcleo porque, além de um determinado ponto, todos os seus domínios estão alinhados e nenhum reforço do campo se consegue daí por diante. (HEWITT, 2011).

---

12 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BQA5VDXE7ts> , acesso em janeiro de 2016.

13 Disponível em [http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207\\_042014-F.jpg](http://mlb-s2-p.mlstatic.com/eletroim-circular-45-pol-bobina-reforcada-em-fio-de-cobre-14409-MLB20087060207_042014-F.jpg) , acesso em janeiro de 2016.



**FIGURA 24.5**

Uma visão microscópica dos domínios magnéticos em um cristal de ferro. As setas azuis, que apontam nas mais diversas direções, nos revelam que os domínios não estão alinhados entre si.

Figura 2 - Ilustração dos domínios magnéticos

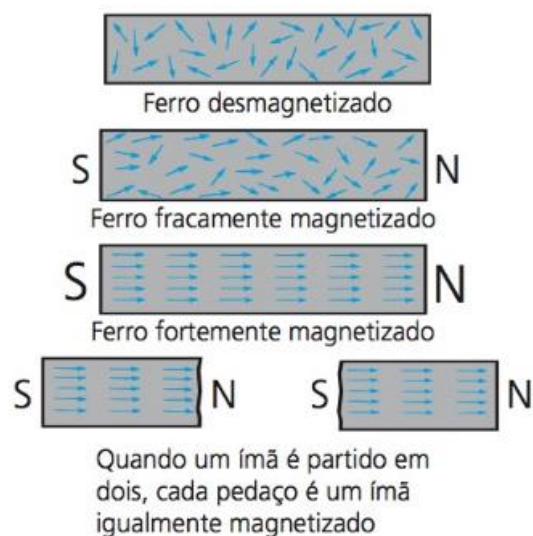


Figura 3 - Magnetização de um pedaço de ferro

### Construindo um eletroímã

Após esse breve resgate e reorganização conceitual, parte-se para a atividade experimental. O professor irá fornecer para cada equipe (*Produto Educacional*):

- Uma fonte de 9 ou 12 volts;
- Dois metros de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado;
- Um parafuso de metal com dimensões aproximadas de 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- Cerca de 15 cliques metálicos para papel.

Na sequência, o professor desafia os estudantes a construírem seus eletroímãs. É importante não influenciar na construção dos eletroímãs, deixando decisões como sentido e número de enrolamentos a critério dos estudantes. Isso é necessário para que os resultados sejam diferentes, de modo que seja possível comparar os eletroímãs e obter informações a partir dessa comparação.

Depois de prontos, com a orientação do professor, faz-se a ligação na fonte de energia e verifica-se o funcionamento dos eletroímãs. O professor deve estimular uma disputa para verificar qual eletroímã consegue levantar mais cliques metálicos para papel.

Na sequência, após termos um “eletroímã campeão” (o qual atraiu um maior número de cliques), o professor deve propor a engenharia reversa desse “aparelho” para tentar

descobrir, junto com a turma, o que torna um eletroímã mais forte que outro. Esse processo de engenharia reversa deve resultar na seguinte conclusão:

*- Quanto maior o número de enrolamentos (voltas) mais intenso será o eletroímã, isso porque, cada espira funciona como um eletroímã individual, e, portanto, quanto mais espiras mais intenso será o campo magnético resultante.*

**Observação:** É possível que alguma equipe inverta o sentido do enrolamento do fio no parafuso, e isso implicará num campo magnético resultante menos intenso, é importante explorar essa situação para mostrar que o campo resultante será proporcional ao número de espiras, somente se a corrente por todas elas estiver no mesmo sentido.

### **SÍNTESE INTEGRADORA**

Nos momentos finais da aula, o professor deve sintetizar as informações. É preciso destacar a influência do meio material no interior das espiras, pois devido ao alinhamento dos domínios magnéticos o campo magnético produzido por uma corrente elétrica nessas condições será intensificado.

Outra constatação importante diz respeito ao número de espiras, pois o número de espiras afeta diretamente a intensidade do campo produzido pela corrente elétrica. É importante que os estudantes percebam essa relação de proporcionalidade.

### **AVALIAÇÃO**

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução de todas as atividades. Especificamente, nessa aula os estudantes construíram eletroímãs e, portanto é importante verificar se as conclusões e conceitos discutidos na síntese integradora ficaram claros aos aprendizes.

### **RECURSOS FÍSICOS**

Quadro, giz, fontes de 9 ou 12 V, entre 8 e 10 metros (4 a 5 turmas) de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado, 4 ou 5 parafusos de metal com dimensões aproximadas de 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro e cerca de 60-80 cliques de papel.

## BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

## DESAFIOS

1. Descubra como funcionam os guindastes elétricos (eletroímãs) em:

VALADARES, Eduardo dos Campos. Física mais que divertida, pag. 113. 2ª edição. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

2. Saiba como os eletroímãs podem ser usados em alto-falantes, campainhas, transporte de sucatas e separadores de metais em:

STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 150. São Paulo: Edições SM, 2013.

# PLANO DE AULA

## TRANSFORMADOR DE FARADAY

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Experimental**

AULA: **05/10**

### ASSUNTO

- Transformador de Michael Faraday: produção de eletricidade a partir de um fenômeno eletromagnético.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir de um fenômeno eletromagnético.

#### ESPECÍFICOS

- Reproduzir de forma adaptada o experimento de Michael Faraday (1831);
- Observar e compreender o princípio fundamental de funcionamento de um transformador elétrico;
- Estabelecer uma relação entre a distância entre as bobinas e a intensidade da corrente elétrica induzida;
- Observar que a intensidade da corrente elétrica induzida pode ser influenciada pelo material que é colocado no interior das bobinas.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

**Contexto: Desdobramentos do experimento de Oersted**

A descoberta de Oersted divulgada em julho de 1820 desencadeou uma série de experiências e descobertas. Em 1821, ao ser solicitado pelo editor da revista *Annals of Philosophy* a escrever um resumo das experiências e teorias sobre o eletromagnetismo, publicadas no ano anterior, Michael Faraday não demorou a perceber que não podia se limitar ao relato dos trabalhos dos outros e, a partir daí, passou a desenvolver suas próprias experiências em eletromagnetismo.

Antes de descrever os feitos de Michael Faraday, o professor fornecerá alunos um texto (*Produto Educacional*) do livro Física Conceitual (de Paul Hewitt) que faz uma breve descrição da vida e obra desse cientista singular, que será o personagem central nas próximas atividades.

É interessante relatar que Faraday já sabia através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas estacionárias produziam efeitos magnéticos. Ou seja, um fenômeno elétrico pode produzir um fenômeno magnético, a grande questão que surgiu nessa época era de que se o inverso poderia ocorrer, isto é: será que o magnetismo não poderia produzir correntes elétricas?

Faraday elaborou e descreveu em seus diários uma série de experimentos buscando a evidências desse fenômeno: produção de correntes elétricas pelo magnetismo ou por outras correntes. Sem nenhum sucesso até agosto de 1831, quando, sem nenhuma explicação prévia, ele começa a descrever um anel de ferro doce que construiu para um experimento (figura 1).



Figura 1 <sup>14</sup> – Foto do anel de ferro, utilizado nas experiências de 1831.

---

14 Disponível em <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAA3l0AB-24.jpg>, acesso em janeiro de 2016.

## O transformador de Faraday

Depois dessa contextualização histórica, o professor propõe aos estudantes que eles reproduzam o mesmo experimento de Faraday com o material previamente preparado pelo professor, que consiste de:

- Uma fonte de 9 ou 12 volts; duas bobinas de iguais dimensões (200 enrolamentos); um multímetro; fios de ligação; um bastão de ferro; um lápis; um bastão de “cola quente” e um bastão de alumínio.

De posse desses materiais, o professor solicita que os estudantes reproduzam o experimento proposto por Faraday. Para substituir os enrolamentos no anel de ferro, serão utilizadas as duas bobinas. O próprio anel de ferro doce será substituído por um bastão de ferro. Os esquemas de montagem experimental e a sequência da atividade estão em anexo (*Produto Educacional*).

## SÍNTESE INTEGRADORA

Após a realização do experimento, o professor deve reunir as observações e constatações dos estudantes e registrá-las. É fundamental que o professor induza os estudantes às seguintes conclusões:

- *Uma corrente elétrica será observada numa das bobinas sempre que se liga ou se desliga a chave que permitia a passagem de corrente na outra bobina. Ou seja, toda vez que a corrente **varia** num fio (circuito), havia **indução** de corrente elétrica no outro fio (circuito);*

- *O núcleo de ferro não é necessário para a ocorrência do fenômeno, entretanto, a corrente induzida é mais intensa quando na presença de um núcleo constituído de um material ferromagnético, fato relacionado com o alinhamento dos domínios magnéticos no interior de tal material;*

- *Quanto mais próximas as bobinas, mais intensa a corrente induzida, tal fato relaciona-se com a densidade de linhas de campo magnético que surgem devido à passagem da corrente elétrica na bobina indutora (primária).*

## AValiação

Uma avaliação qualitativa do aprendizado dos estudantes será feita baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução do experimento. Índícios de mudanças conceituais através da observação dos fenômenos e das discussões serão observados e servirão para complementar a avaliação.

#### RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, fontes de 9 ou 12 V, duas bobinas de iguais dimensões (200 enrolamentos), 4 multímetros, fios de ligação, bastões de ferro; alguns lápis, bastões de “cola quente”, bastão de alumínio (se possível).

#### BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

# PLANO DE AULA

## EXPERIÊNCIA DE FARADAY

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Experimental**

AULA: **06/10**

### ASSUNTO

- Experimento de Faraday: princípio físico da geração de eletricidade.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Observar o surgimento de corrente elétrica induzida em um enrolamento de fios a partir da variação do fluxo magnético que passa através dele.

#### ESPECÍFICOS

- Reproduzir de forma adaptada o experimento de 1831 de Michael Faraday;
- Observar e compreender o princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico, o qual está relacionado com a variação do fluxo magnético através de uma ou um conjunto de espiras (bobina);
- Estabelecer uma relação entre a intensidade da corrente elétrica induzida em uma bobina e a variação da intensidade do campo magnético nela (ideia de fluxo magnético);
- Perceber a relação entre a intensidade da corrente elétrica induzida e a área da secção transversal da bobina;
- Observar que ao variar o ângulo entre uma bobina e um ímã também se verifica o surgimento de uma corrente elétrica induzida.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Contexto: Desdobramentos do transformador de Faraday**

O professor iniciará a aula lembrando o experimento da aula anterior: o transformador de Faraday. É interessante reproduzir o experimento de forma demonstrativa.

Distribuídos os roteiros experimentais (*Produto Educacional*), o professor fornece aos estudantes os materiais necessários à experimentação.

Michel Faraday já sabia, pela análise das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas produziam efeitos magnéticos. Assim como no passado, questiona-se:

*Será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?*

*Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?*

### **O experimento de Faraday**

Para reproduzir o experimento de Michael Faraday, os estudantes usarão (*Produto Educacional*):

- Duas bobinas de diferentes diâmetros, mas com 100 enrolamentos;
- Duas bobinas de diferentes diâmetros, mas com 200 enrolamentos;
- Um multímetro;
- Fios de ligação;
- 04 ímãs.

De posse desses materiais, o professor solicita que os estudantes reproduzam o experimento proposto por Faraday seguindo o roteiro experimental, fazendo as anotações necessárias ao longo da execução da atividade.

## **SÍNTESE INTEGRADORA**

Após a realização do experimento, o professor deverá resgatar as observações e constatações dos estudantes e organizá-las de modo que os estudantes cheguem às seguintes conclusões:

- A simples presença de um ímã próximo ou dentro da bobina não implica no aparecimento de corrente elétrica induzida no filamento da bobina;

- No entanto, sempre que se aproxima ou se afasta um ímã da bobina, uma corrente elétrica é registrada no multímetro. Ou seja, toda vez que **variarmos** a intensidade do campo magnético na região da bobina ocorre a **indução** de corrente elétrica no fio;

- Aumentar o número de enrolamentos e/ou o diâmetro (área) das bobinas implica em um aumento da corrente elétrica induzida;

- Se rotacionarmos um ímã próximo à bobina, também surgirá uma corrente elétrica no filamento.

### AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

Especificamente nesta aula, a avaliação dos educandos através da discussão da síntese integradora será priorizada, visto que as observações experimentais dessa atividade servirão de fundamentação para as aulas seguintes.

### RECURSOS FÍSICOS

Quadro e giz, duas bobinas de diferentes diâmetros, com 100 enrolamentos cada, duas bobinas de diferentes diâmetros, com 200 enrolamentos cada, 4 multímetros, fios de ligação e cerca de 16 – 20 ímãs.

### BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

# PLANO DE AULA

## CONCEITO DE FLUXO MAGNÉTICO

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Teórica**

AULA: **07/10**

### ASSUNTO

- Fluxo magnético.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Propor o conceito de fluxo magnético e sua definição matemática.

#### ESPECÍFICOS

- Mostrar no simulador PhET Faraday's Law<sup>15</sup> que somente ao *variarmos* o fluxo magnético sobre a bobina é que a corrente elétrica induzida aparece no enrolamento;
- Usar o simulador para visualizar a dependência do valor do fluxo magnético com a área, a intensidade do campo magnético (densidade de linhas) e o ângulo entre o vetor normal a área e o vetor indução magnética;
- Reforçar a relação entre o fenômeno da indução eletromagnética e a ideia de *variação do fluxo magnético*, resgatando as observações experimentais.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Definindo fluxo magnético**

---

<sup>15</sup> Disponível em: [http://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_en.html) , acesso em janeiro de 2015.

Define-se *fluxo magnético* através de uma superfície como a integral do produto escalar do vetor indução magnética (campo magnético) pelo elemento diferencial de área ao longo de toda a superfície em consideração. Matematicamente fica:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Naturalmente essa definição não fará muito sentido para os estudantes de nível médio. É conveniente então, apresentar o resultado dessa integral no caso específico de um campo magnético uniforme, que fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

na qual:  $B$  é a intensidade do campo magnético que atravessa a região delimitada pela área ( $A$ ) e  $\theta$  é o ângulo formado entre o vetor normal à área  $\vec{A}$  e o vetor  $\vec{B}$ .

Em geral, e no caso do nosso experimento, se quer obter o fluxo magnético através uma superfície limitada por uma bobina. Se a bobina tem  $N$  voltas, então o fluxo total será a soma dos fluxos que passam em cada espira da bobina. Considerando-se que as espiras estão suficientemente próximas umas das outras, podemos considerar que o campo magnético é o mesmo em cada espira, ou seja, para um campo magnético uniforme aplicado sobre a bobina, teremos que o valor do fluxo fica:

$$\Phi = NBA \cos \theta$$

O professor deve lançar mão de exemplos para definir qualitativamente o conceito de *fluxo por uma área*. A projeção e discussão representação gráfica da figura<sup>16</sup> abaixo pode facilitar o entendimento por parte dos estudantes.

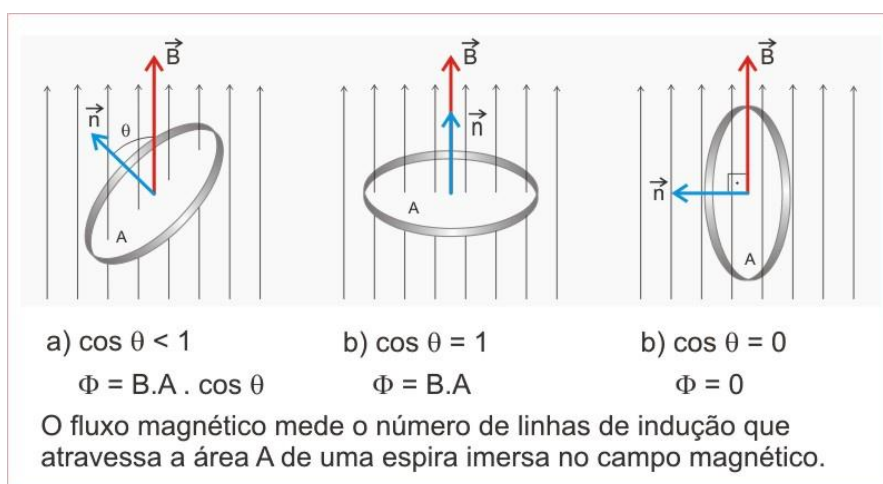


Figura 1 – Representação do fluxo magnético através de uma espira de área  $A$

<sup>16</sup> Disponível em [http://2.bp.blogspot.com/\\_JJJ4o4Jcg48/TLyv2IvyOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j\\_YLEg/s1600/espira+2.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_JJJ4o4Jcg48/TLyv2IvyOXI/AAAAAAAAAX2Q/DycM2j_YLEg/s1600/espira+2.jpg), acesso em fevereiro de 2015.

## Simulador PhET Faraday's Law

O professor poderá utilizar o simulador para complementar a definição de fluxo magnético. Como o conceito de fluxo não é trivial para nossos estudantes, é conveniente usar o simulador pelo seu apelo visual.

Nele é possível visualizar uma representação das *linhas de força* do campo magnético de um ímã. Além do que, é possível mover o ímã pela tela, e com isso “movem-se” as linhas de força que representam o campo magnético. Também é possível *variar* a *área* e o número de enrolamentos das bobinas e rotacionar o ímã, variando-se assim, o ângulo entre o vetor indução magnética e o vetor normal a área das bobinas.

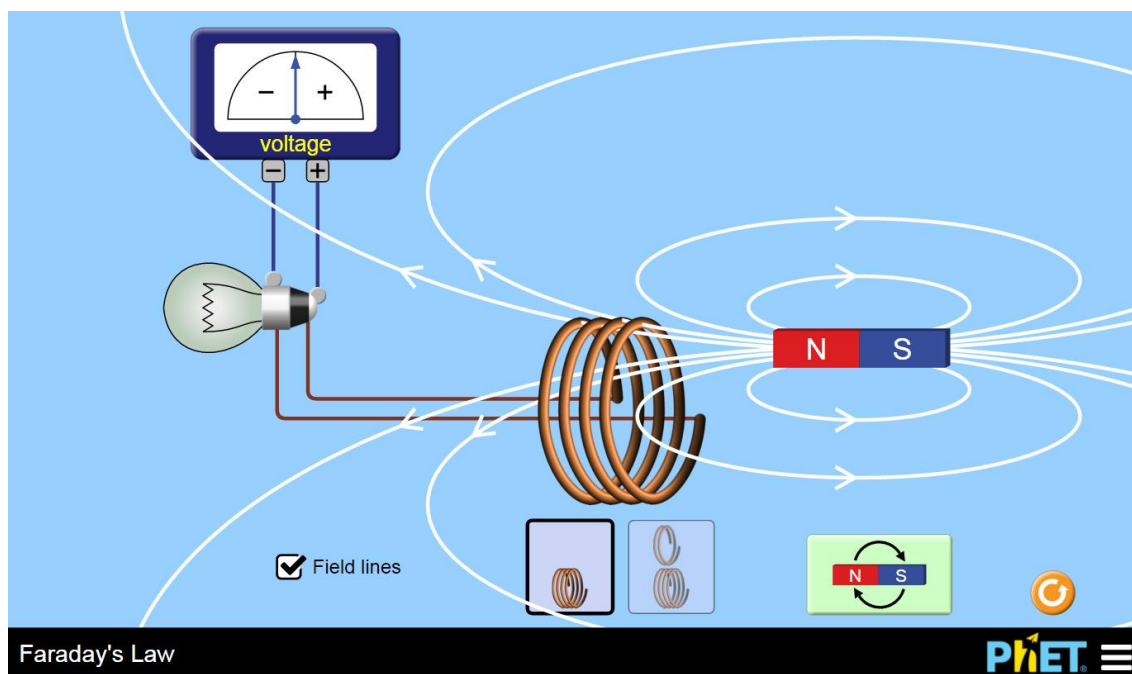


Figura 2 – Interface do simulador Faraday's Law

## SÍNTESE INTEGRADORA

É importante que fique claro aos estudantes que o conceito de fluxo magnético evolui do conceito de campo magnético de Faraday. O professor deve resgatar a imagem das linhas de força desenhadas pelos próprios estudantes na primeira aula experimental e associá-la a imagem do simulador, assim espera-se reforçar o conceito, preparando-se os estudantes para a aula seguinte, na qual se define qualitativa e quantitativamente a lei de Faraday.

## AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas baseando-se no teor das especulações, hipóteses e previsões dos aprendizes durante a execução de todas as atividades.

## RECURSOS FÍSICOS

Projektor e notebook (ou “tablet”).

## BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

# PLANO DE AULA

## LEI DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE FARADAY

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Teórica**

AULA: **08/10**

### ASSUNTO

- Lei da indução eletromagnética.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Estabelecer qualitativa e quantitativamente a lei da indução eletromagnética de Faraday.

#### ESPECÍFICOS

- Discutir a definição qualitativa de Michael Faraday;
- Destacar as contribuições de Heinrich F. E. Lenz e Franz E. Newmann para o estabelecimento de uma expressão matemática para a lei de Faraday;
- Discutir as facilidades e/ou dificuldades de se variar cada um dos três parâmetros que definem o fluxo magnético: área, intensidade do campo e o ângulo entre os vetores;
- Avaliar o funcionamento de motores e geradores elétricos, ou seja, a aplicação tecnológica do fenômeno da indução eletromagnética.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Contexto histórico**

Após suas experiências, Faraday percebeu que a palavra-chave para explicar o fenômeno da indução eletromagnética era *variação*, e usando o conceito de linhas de força interpretou seus resultados dizendo que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio em forma de espira (circuito fechado).

Em 1831, ele afirmou que a corrente elétrica induzida por um campo magnético em um circuito fechado é proporcional à taxa de variação temporal do número de linhas de fluxo magnético que atravessam a área delimitada pelo circuito.

O físico russo Heinrich F. E. Lenz, em 1834, chega às mesmas descobertas de Faraday, entretanto, ele mostra que os efeitos de uma corrente induzida por forças eletromagnéticas sempre se opõem a essas mesmas forças, o que chamamos de lei de Lenz. Complementando assim as ideias de Faraday.

Um dos problemas encontrados pela comunidade científica para compreender o que Faraday estava dizendo deveu-se ao fato de que ele definiu sua lei de maneira verbal, usando o arcabouço de linhas de campo que ele mesmo havia desenvolvido. De modo que ele nunca chegou a uma expressão matemática que resumisse o fenômeno.

Por volta de 1845, o físico alemão Franz E. Neumann expressa as ideias de Faraday e Lenz em uma fórmula, segundo a qual a força eletromotriz induzida (d.d.p. induzida) em um circuito é igual à variação temporal do fluxo magnético que o atravessa, essa expressão ficaria conhecida por *Lei de Faraday-Neumann-Lenz*:

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

### Interpretação da lei

O professor deve discutir com os estudantes *como variar* temporalmente o fluxo magnético por uma espira com o intuito de induzir uma *ddp (fem)*. e, portanto, uma corrente elétrica.

Devemos analisar cada termo que define a grandeza fluxo magnético e discutir com os estudantes como fazer essa variação. Por simplicidade consideraremos o campo magnético constante na espira, assim a expressão para determinar o fluxo magnético fica:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA \cos \theta$$

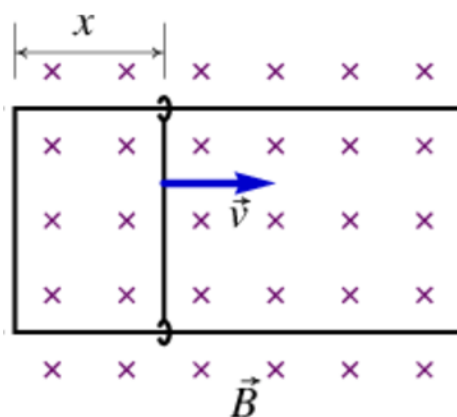
Para obter a variação dessa grandeza, podemos:

- **Variar a intensidade do campo magnético.**

Por exemplo, aproximando-se ou afastando-se um ímã da espira. (O professor pode demonstrar o efeito usando a montagem experimental da aula 06).

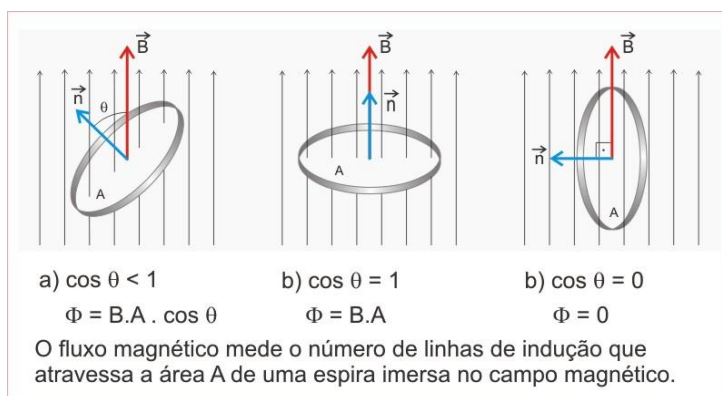
- **Variar a área da espira.**

É importante discutir com os estudantes como é possível variar a área de uma espira imersa em um campo constante. Inclusive, esse é um “problema típico” sobre o assunto, muito presente em provas de vestibulares. A figura<sup>17</sup> ilustra uma maneira de variar a área e assim induzir corrente no circuito.



- **Variar o ângulo entre o vetor  $B$  e o vetor normal à área.**

Ao rotacionar uma espira imersa em um campo magnético estamos variando o ângulo entre os vetores  $B$  e  $n$ , o que também induzirá uma *f.e.m.* nessa espira. O professor pode discutir a figura, interpretando com os estudantes cada uma das situações representadas.



## **SÍNTESE INTEGRADORA**

17 Disponível em [https://def.fe.up.pt/electricidade/img/exe\\_espira\\_variavel\\_240.png](https://def.fe.up.pt/electricidade/img/exe_espira_variavel_240.png), acesso em maio de 2015.

Exemplificadas e discutidas as maneiras de se variar o fluxo magnético em um circuito e, portanto, induzir uma corrente elétrica em um conjunto de espiras, o professor deve questionar os estudantes:

*Como é gerada a energia elétrica em usinas e como ela chega até nós?*

Esse questionamento será recuperado na próxima aula, na qual será discutida a geração de energia em usinas, circuitos de distribuição, a matriz energética nacional e perspectivas para o futuro.

### AVALIAÇÃO

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

### RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz, projetor e notebook (“tablet”).

### BIBLIOGRAFIA

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002.

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei\\_de\\_Faraday-Neumann-Lenz#cite\\_note-historia-1](https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Faraday-Neumann-Lenz#cite_note-historia-1)

### DESAFIOS

1. Para saber como funcionam os geradores de corrente alternada, consulte:  
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 172. São Paulo: Edições SM, 2013.
2. Aprenda como construir um freio eletromagnético, usando a lei da indução de Faraday, em:  
STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pag. 200. São Paulo: Edições SM, 2013.

# PLANO DE AULA

## PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA:

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Teórica**

AULA: **09/10**

### ASSUNTO

- Produção de energia elétrica.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Reconhecer a lei da indução eletromagnética de Faraday como princípio fundamental por trás da geração de eletricidade em grande escala.

#### ESPECÍFICOS

- Discutir o circuito de distribuição de energia elétrica recuperando a discussão sobre transformadores;
- Avaliar a matriz energética nacional e discutir as perspectivas de futuro.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

#### **Gerador elétrico e o princípio da indução eletromagnética**

Na aula anterior o professor deixou um questionamento aos estudantes:

*Como é gerada a energia elétrica em usinas e como ela chega até nós?*

Para responder essa pergunta é preciso analisar-se onde efetivamente ocorre a produção de eletricidade nas usinas geradoras.

As usinas apresentam um *gerador*, é nele que é produzida a energia elétrica, mas como? O princípio fundamental de funcionamento de um gerador elétrico baseia-se na indução eletromagnética, mais especificamente, um campo magnético variável na região onde estão as bobinas do gerador produz uma tensão induzida (*f.e.m. induzida*).

No gerador, bobinas são fixadas ao redor de um eixo e formam um tipo de anel, no eixo estão fixados ímãs (ou eletroímãs), quando esse eixo é posto a girar, os campos magnéticos produzem variação do fluxo magnético nas bobinas e desta forma induz-se a tensão que será distribuída.

É importante destacar que a corrente induzida por esses geradores é do tipo *alternada*.

### **Matriz energética nacional**

O professor propõe a leitura do quadro “*Algo A +*” (*Produto Educacional*) das páginas 147-149 do livro didático (Física, Interação e Tecnologia. Volume 03). Esse texto permite a discussão de vários temas relevantes, por exemplo: *o impacto ambiental das diferentes formas produção de energia elétrica, o custo associado a cada forma de produção, os perigos da produção de eletricidade em usinas nucleares, etc.*

Questiona-se os estudantes a respeito de quais outras formas de produção de eletricidade, além daquelas listadas no texto, são conhecidas por eles, e discutem-se as vantagens e desvantagens de cada sistema de geração.

### **Distribuição de energia**

Uma vez produzida a eletricidade nas usinas, ela precisa chegar aos consumidores, às cidades e ao campo, para isso foi necessária a construção de grandes redes de distribuição.

Para abastecer grandes populações é necessário um sistema que minimize as perdas de energia ao longo do circuito de distribuição. Para reduzir as perdas por aquecimento dos fios condutores (efeito Joule), utiliza-se um *transformador*. Ao elevar-se a tensão reduz-se a corrente no circuito, pois:

$$E_n = P\Delta t \rightarrow E_n = (Ui)\Delta t$$

De modo que na saída da usina geradora a tensão é elevada por transformadores atingindo valores entre 10 mil e 300 mil volts. Ao chegar próximo às unidades consumidoras (indústrias, residências, etc.) a tensão é reduzida de acordo com a necessidade. No Brasil, a tensão disponível nas residências varia entre 110 V ou 220 V.

Deve-se lembrar que:

*O princípio de funcionamento do transformador baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. O aparelho é capaz de induzir uma corrente elétrica no circuito secundário quando a corrente for variável no circuito primário ligado à fonte de energia elétrica. Alterando-se o número de voltas de fio do circuito secundário em relação ao número de voltas de fio no circuito primário em torno do núcleo de ferro, obtém-se uma mudança no valor da tensão elétrica induzida no circuito secundário. Em consequência, a corrente elétrica também muda de intensidade em relação a seu valor no circuito primário. (Toscano, 2015)*

### **SÍNTESE INTEGRADORA**

Essa aula conclui a sequência de nove aulas em que foram discutidos conceitos desde o fenômeno do magnetismo até a indução eletromagnética.

É importante relembrar e destacar o impacto social e econômico das descobertas de Oersted e Faraday. De modo que isso favoreça a compreensão pelos estudantes de que o conhecimento científico e tecnológico é resultado da construção humana, e está relacionado ao processo histórico e social no qual ele está inserido.

### **AVALIAÇÃO**

Avaliações qualitativas do aprendizado dos estudantes serão feitas ao longo da sequência didática baseando-se no teor das discussões, hipóteses, especulações e interesse dos aprendizes durante a execução das atividades.

### **RECURSOS FÍSICOS**

Quadro, giz, projetor e notebook (“tablet”).

### **BIBLIOGRAFIA**

HEWITT, Paul G. Fundamentos de Física Conceitual; tradução: Trieste Ricci – Porto Alegre: Bookman, 2011.

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das ideias da física [online]. Salvador, EDUFBA, 2002

## DESAFIOS

1. Investigue como é a produção de energia elétrica através de uma usina hidrelétrica, uma usina nuclear e uma usina eólica em:

STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 201 a 211. São Paulo: Edições SM, 2013.

2. Verifique qual é o caminho da energia elétrica das usinas às residências em:

STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 212 e 213. São Paulo: Edições SM, 2013.

3. Pesquise sobre a escassez mundial de energia em:

STEFANOVITS, Angelo (Editor responsável). Ser protagonista: Física, 3º ano – ensino médio, pags. 215 e 216. São Paulo: Edições SM, 2013.

# PLANO DE AULA

## AVALIAÇÃO – ELABORAÇÃO DE MAPA CONCEITUAL

### IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA: **EEB Barão de Antonina**

CURSO: **Ensino Médio**

DISCIPLINA: **Física**

PROFESSOR:

ANO LETIVO:

SÉRIE: **Terceira**

CARGA HORÁRIA: **01 h.a.**

TIPO DE AULA: **Teórica**

AULA: **10/10**

### ASSUNTO

- Eletromagnetismo.

### OBJETIVOS

#### GERAIS

- Avaliar via elaboração de mapas conceituais os avanços cognitivos e evidências de aprendizado dos educandos.

### MOMENTOS DA AULA

#### DESENVOLVIMENTO

##### **Proposta de atividade**

Nesta última atividade os estudantes serão novamente solicitados a elaborar mapas conceituais sobre o tema: *Eletromagnetismo*.

O professor deverá fornecer as folhas para registro dos mapas conceituais, podendo optar por utilizar o modelo sugerido em anexo (*Produto Educacional*).

### RECURSOS FÍSICOS

Quadro, giz e folhas de papel A4.

### BIBLIOGRAFIA

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, março de 2003, Curitiba.

|                                  |            |       |
|----------------------------------|------------|-------|
| <i>Mapa conceitual</i>           |            |       |
| Disciplina: FÍSICA               |            |       |
| Professor:                       | Estudante: | Data: |
| Assunto: <b>ELETROMAGNETISMO</b> |            |       |

# TEXTO DE APOIO

## AULA 05: Transformador de Faraday

**E**m épocas anteriores, as maiores contribuições à ciência eram feitas por homens de posses financeiras. Pessoas com pouco ou nenhum dinheiro eram atarefadas demais em ganhar a vida para poder despendar o tempo requerido para uma investigação científica séria.

Michael Faraday foi um dos quatro filhos de James Faraday, um ferreiro de vila no sudoeste de Londres. Michael teve apenas uma educação escolar básica e acabou praticamente se autoeducando. Aos 13 anos, tornou-se aprendiz de um encadernador e, durante seus sete anos de aprendizagem, leu muitos livros na oficina. Michael era muito interessado por ciências, especialmente pela eletricidade. Em 1812, no final do aprendizado sobre encadernação e com 20 anos de idade, Faraday assistiu algumas palestras dadas pelo mundialmente famoso Sir Humphry Davy, membro da Royal Institution e da Royal Society. Ele tomava notas detalhadas durante as palestras, que depois reuniu na forma de um livro com mais de 300 páginas e o enviou a Davy. Este ficou muito impressionado e congratulou Faraday, embora, de início, ele o tenha aconselhado a permanecer como encadernador. Porém, no ano seguinte, quando o assistente de Davy foi despedido por causa de um incêndio, Davy convidou Faraday para substituí-lo.



Na rígida sociedade de classes inglesa da época, Faraday não era considerado um cavalheiro. Quando Davy, dezoito meses mais tarde, foi ao continente com sua nova esposa, Faraday foi junto, mas a esposa de Davy recusou-se a tratá-lo como um igual. Apesar disso, Faraday teve então uma oportunidade de se encontrar com a elite científica da Europa e obteve ideias estimulantes.

Faraday veio a ser um dos mais importantes cientistas experimentais da época. Ele fez descobertas significativas

na química, na eletrólise e principalmente na eletricidade e no magnetismo. Em 1831, fez sua mais notável descoberta. Ao mover um ímã para o interior de espiras de fio, induziu nelas uma corrente elétrica. Isso é o que se chama de *indução eletromagnética*, fenômeno coincidentemente descoberto mais ou menos na mesma época, na América do Norte, por Joseph Henry (o isolamento do fio que Henry usou para as espiras foi lacrimosamente doado por sua esposa, que sacrificou parte de seu vestido de casamento, feito de seda, para revestir os fios). Nessa época, a única maneira de produzir uma corrente elétrica substancial era por meio de baterias. A indução eletromagnética deu início à era da eletricidade.

As habilidades matemáticas de Faraday eram limitadas à álgebra elementar e não iam além da trigonometria. Por isso, ele costumava exprimir suas ideias pictoricamente e com linguagem simples. Faraday visualizava os efeitos elétricos e magnéticos exprimindo-os em termos de “linhas de força”. Agora, nós as chamamos de linhas de campo elétrico e de campo magnético, e elas se mantêm como ferramentas úteis na ciência e na engenharia.

Faraday recusou-se a participar da produção de armas químicas para a Guerra da Crimeia, alegando razões éticas. Ele era profundamente religioso e conheceu sua mulher, Sarah Barnard, em uma igreja. O casal não teve filhos. Faraday foi eleito membro de sociedades prestigiosas e, nos últimos anos da vida, adquiriu um alto *status* científico. Ele rejeitou ser condecorado e por duas vezes recusou-se a ser presidente da Royal Society. Ele fez grandes esforços em projetos de serviços para companhias privadas e para o governo britânico – o aumento da segurança nas minas, novas maneiras de operar faróis de navegação e o controle da poluição. Faraday foi um “verde” original.

A unidade de capacitância elétrica, o farad, recebeu este nome em homenagem a Faraday. Ele faleceu com 75 anos, em 1867. Antes da morte, rejeitou ser sepultado na Abadia de Westminster. Lá existe uma placa memorial a ele, próxima à tumba de Isaac Newton. Em vez de Westminster, ele foi sepultado em um lote na igreja que costumava frequentar.

## Referência

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] tradução: Trieste Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

# TEXTO DE APOIO

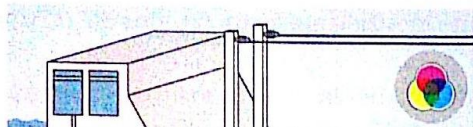
## AULA 09: Produção de energia elétrica

### USINAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS

No Brasil, graças a sua enorme quantidade de rios, a maior parte da energia elétrica disponível é ainda proveniente de grandes usinas hidrelétricas. Mas há usinas termelétricas em algumas regiões e usinas nucleares na região Sudeste.

Embora o gerador de energia elétrica seja semelhante em todas as usinas, o modo como é obtido o giro do eixo do gerador é o que diferencia um tipo de usina de outro.

Nas **usinas hidrelétricas** (figura 21), esse movimento é obtido com a queda de água represada a certa altura. Tendo sua vazão controlada por uma tubulação, a água em queda adquire energia suficiente para colidir com as pás da turbina e, assim, girar o circuito fixado ao eixo do gerador elétrico.



As usinas hidrelétricas de grande porte, como Itaipu, requerem grandes quantidades de água represada e trabalham com vários geradores dispostos lado a lado. A construção dessas usinas exige que se alaguem imensas regiões, provocando graves alterações no ecossistema local, como a extinção de algumas espécies animais, tanto aquáticas como terrestres.

Nas **usinas termelétricas** (figura 24) convencionais, o movimento do eixo do gerador é obtido pela queima de um combustível fóssil, em geral carvão ou óleo. A água é vaporizada em uma caldeira e o vapor, conduzido à alta pressão por uma tubulação até as pás de uma turbina, cujo eixo está acoplado ao gerador.

Com o choque entre as moléculas do vapor-d'água à alta pressão e as pás da turbina, obtém-se o movimento do eixo do gerador. Posteriormente, o vapor é resfriado no radiador, onde a água volta ao estado líquido, sendo depois injetada na caldeira, para ser novamente vaporizada.

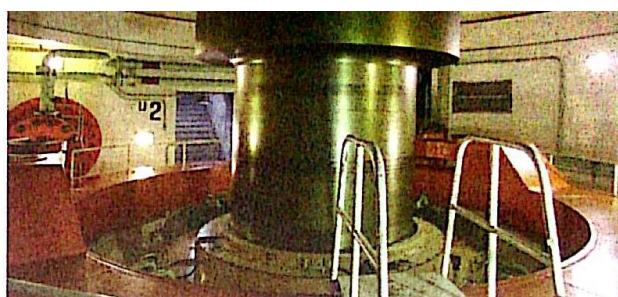
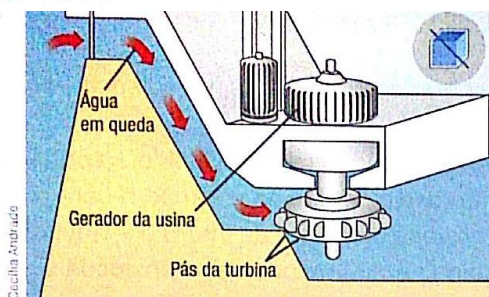


Figura 21: Esquema de uma usina hidrelétrica.

Figura 22: Um dos eixos de turbina da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu (Paraná), 2011.

As usinas termelétricas queimam combustível para funcionar, produzindo o lançamento de gases poluentes na atmosfera local. Além disso, também necessitam ser construídas próximas de rios, dos quais se desvia parte da água, para a liquefação do vapor-d'água. A água é devolvida ao rio a uma temperatura mais alta, acarretando prejuízos ao ecossistema local, pois várias formas de vida aquática não resistem a tal variação de temperatura.

Nas usinas nucleares (figuras 25 e 26), o movimento do eixo do gerador também é obtido pelo choque das moléculas do vapor-d'água em alta pressão com as pás da turbina. O processo de vaporização da água, entretanto, é outro. Aqui, o combustível utilizado é o urânio, que contém dois isótopos: o 235 (3% do total) e o 238 (97% do total).

O composto de urânio fica armazenado no reator nuclear. Por meio do lançamento controlado de nêutrons, o núcleo de urânio desintegra-se com liberação de grande quantidade de energia, que é utilizada para vaporizar a água armazenada ao redor do reator. O vapor é conduzido à alta pressão, por uma tubulação, até as pás da turbina. Depois do choque com as pás, o vapor é liquefeito e reconduzido para as proximidades do reator, onde é novamente aquecido e vaporizado.

Além dos arriscados acidentes envolvendo essas usinas, elas também apresentam a desvantagem de produzir lixo atômico, constituído de substâncias radioativas, cujas emissões perduram por um longo período.

Por mais seguro que seja o descarte do lixo radioativo, nem sempre é possível isolar a

alta radioatividade completamente. Quando ocorre vazamento, há contaminação do local para onde esse lixo foi transportado. Além disso, o tempo de vida útil dessas usinas é apenas de 20 a 25 anos, em função da grande deterioração dos materiais do reator nuclear, submetidos a altas emissões radioativas. Finda a vida útil, as usinas são desativadas e o local não pode mais ser utilizado, devendo permanecer em isolamento.

A construção das usinas geradoras de eletricidade requer estudo detalhado do impacto ambiental a ser causado na região onde vai ser instalada.



Figura 25: Usina nuclear de Angra dos Reis, RJ.

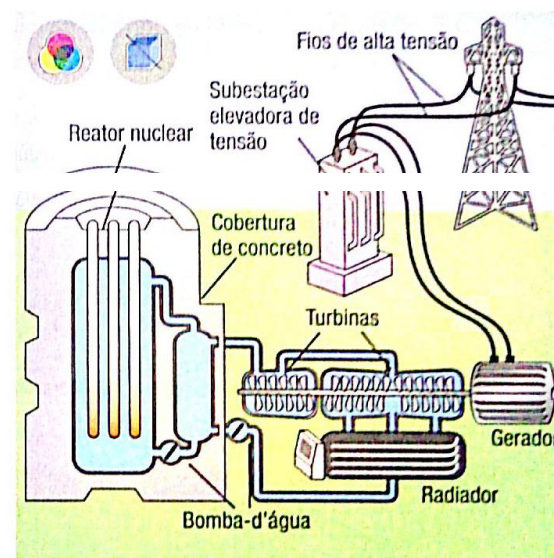


Figura 26: Representação da geração de energia elétrica em uma usina nuclear.

## Referência

TOSCANO, Carlos. Interação e Tecnologia, Física, volume 03. Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano. – São Paulo: Leya, 2015.

|                                                                                   |                                                                    |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | <b>Atividade Experimental</b>                                      |                  |
|                                                                                   | Disciplina: FÍSICA                                                 |                  |
|                                                                                   | Professor: Marlon Labas<br>Assunto: Campos e interações magnéticas | Equipe:<br>Data: |

### Parte I - *Interação entre ímãs*

É fornecido uma par de ímãs, aproximem e afastem os ímãs, explorem diferentes maneiras de fazer os ímãs interagirem, observem as formas com que esses ímãs interagem. Registrem suas observações:

### Parte II - *Bússola*

Após registrar suas observações sobre a interação entre ímãs, observe o comportamento da bússola e dos ímãs quando aproximados e afastados uns dos outros.

*O que acontece com a agulha da bússola quando esta é aproximada de um ímã?*

*O comportamento da agulha da bússola na presença de um ímã é semelhante ao comportamento de um ímã na presença de outro? O que isso pode indicar sobre as características dessa agulha?*

*Na ausência de um ímã próximo da bússola, qual o comportamento da sua agulha?*

A partir de suas observações, o que podemos afirmar sobre o comportamento dessa bússola?

### Parte III - *Mapeamento do campo magnético local*

Para mapear o campo magnético local (terrestre), certifiquem-se que nenhum ímã esteja próximo da bússola. Posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" no espaço abaixo e façam as marcações da direção da agulha seguindo orientações do professor.

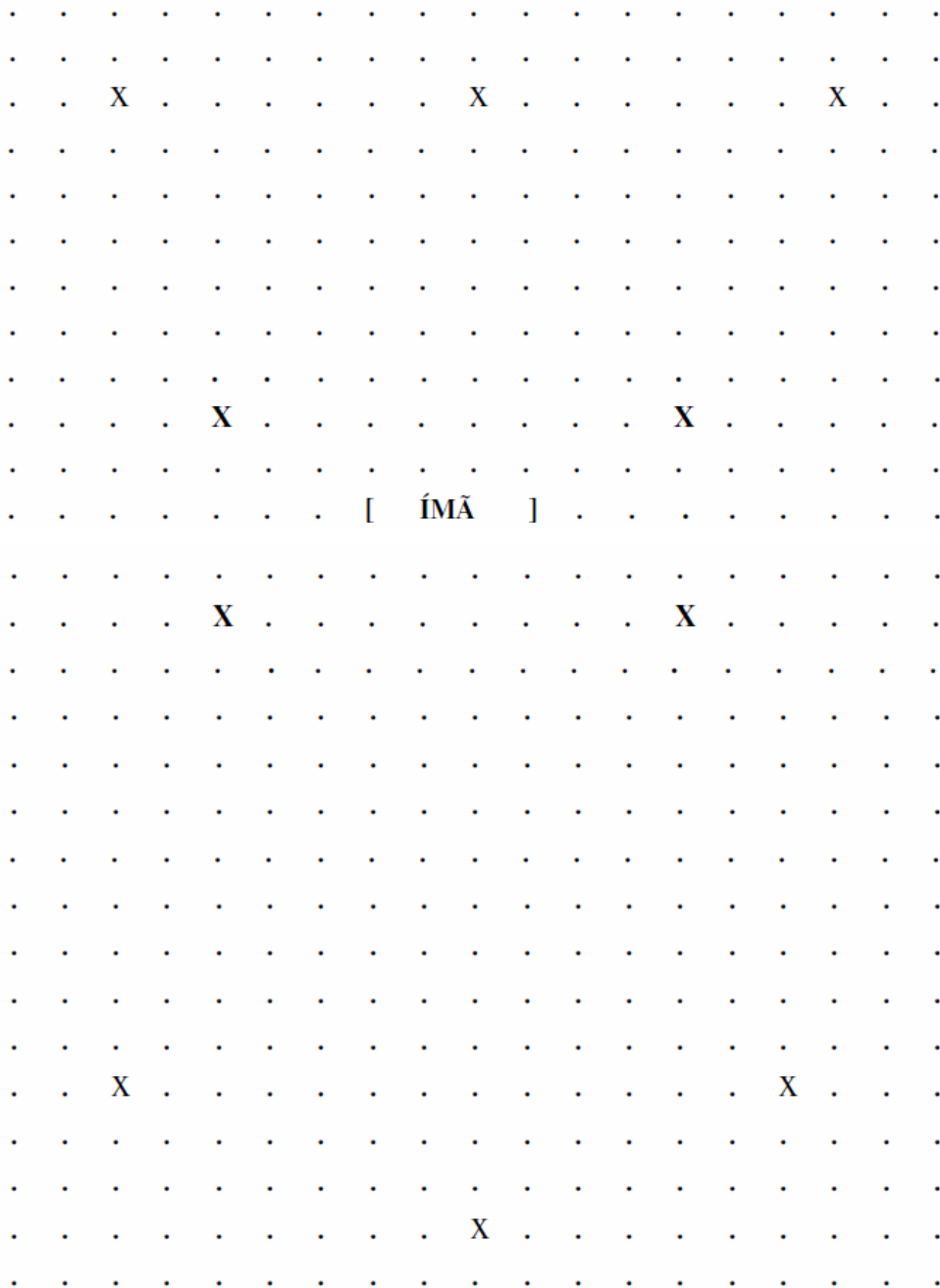
|      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |
| <br> | <br> | <br> | <br> | <br> | <br> | <br> | <br> |
| X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    | X    |

#### Parte IV - Observando os efeitos locais da presença de um ímã

Na *parte III* dessa atividade foi possível observar o alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre. Posicionem a bússola sobre um dos pontos indicados pela letra "X", em seguida, coloque o conjunto de ímãs no local indicado e observe o que acontece. Reposicionem a bússola sobre outro "X", retirem e recolorem os ímãs. Observem o comportamento da agulha da bússola com e sem a presença do ímã.

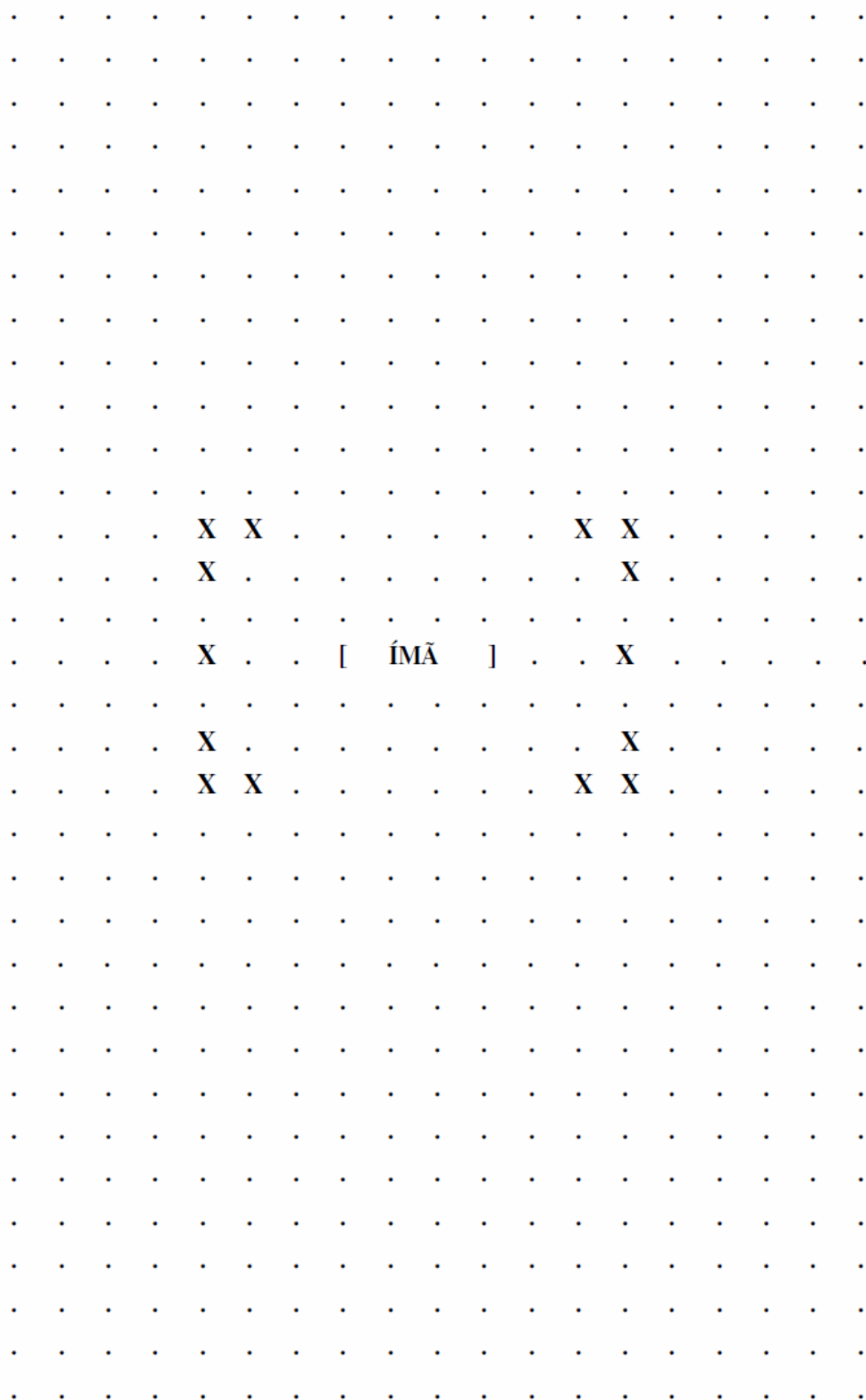
*Qual o efeito local da presença do ímã?*

*O ímã está alterando as propriedades magnéticas no seu entorno?*



### Parte V - Mapeamento do campo magnético de um ímã

Adotando técnica semelhante a utilizada na *parte IV* dessa atividade será possível mapear o campo magnético produzido pelo conjunto de ímãs. Para podermos construir uma imagem das linhas de campo magnético no entorno desse conjunto, fixem o ímã (utilizando fita adesiva) no centro dessa folha, e então, posicionem a bússola sobre os pontos indicados com o "X" e façam as marcações da direção da agulha da bússola seguindo as orientações do professor.



|                                                                                   |                                                            |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | <b>Atividade Experimental</b>                              |                      |
|                                                                                   | Disciplina: FÍSICA                                         |                      |
|                                                                                   | Professor: Marlon Labas<br>Assunto: Experiência de Oersted | Equipe:<br><br>Data: |

### Parte I – Observando o funcionamento do circuito elétrico

Para realizar essa atividade, vocês dispõem de uma bússola, um circuito elétrico (previamente construído) e um multímetro, representados esquematicamente nas figuras abaixo.

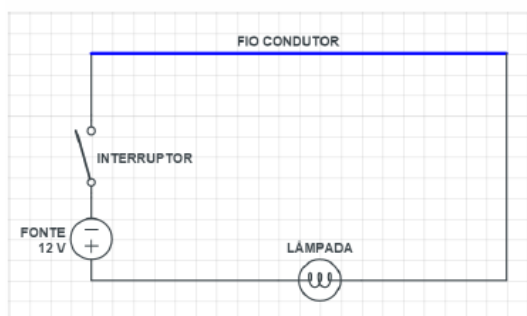


Figura 01 - Circuito elétrico

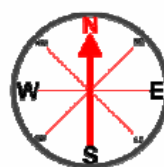


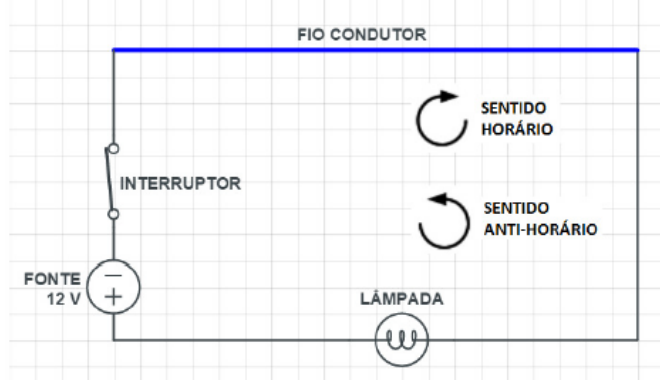
Figura 02 – Representação da bússola<sup>1</sup>



Figura 03 – Multímetro<sup>2</sup>

Conecte o plug da fonte de corrente contínua (12 V) no circuito e teste o seu funcionamento. Para ter certeza que uma corrente elétrica está percorrendo o circuito, verifique se a lâmpada acende ao acionar o interruptor.

Com o auxílio do multímetro verifique qual o sentido da corrente elétrica no circuito e marque no desenho abaixo. *Caso não saiba como fazê-lo, peça ajuda ao professor.*



Você pode inverter o sentido da corrente diretamente na *fonte*, alterando a posição da chave seletora com a legenda “POLARITY SW”.

Troque a posição dessa chave na fonte e observe o que acontece com o brilho emitido pela lâmpada. Ocorre alguma mudança no funcionamento da lâmpada ao alterar o sentido da corrente elétrica? Anote suas observações no espaço abaixo.

*Da memória... Na aula passada vocês estudaram o comportamento de ímãs e bússolas. Observaram que uma bússola é também um ímã e que é possível utilizá-la para detectar e mapear um campo magnético. Ou seja, sempre que a agulha de uma bússola sofrer uma deflexão, isso significa que existe um campo magnético causando essa interação.*

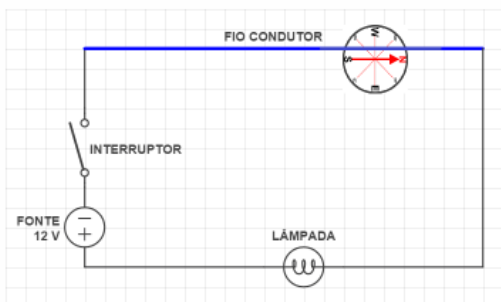
### Parte II – Experimento de Oersted

Em abril de 1820, Hans Christian Oersted verificou e demonstrou pela primeira vez o que acontece com a agulha de uma bússola próxima a um circuito elétrico quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor desse circuito. O circuito por ele utilizado era basicamente igual ao circuito que vocês têm em mãos, portanto, vocês têm os elementos necessários para visualizar e descobrir o que Oersted descobriu quase dois séculos atrás...

<sup>1</sup> Disponível em [https://lh4.ggpht.com/f8d8CHo\\_g8568UhSQ9u3Kz3EY2GNLW2b-gkE0edJg4bZyt6X6WA7ZUxyYkFhMcXz6w=w300](https://lh4.ggpht.com/f8d8CHo_g8568UhSQ9u3Kz3EY2GNLW2b-gkE0edJg4bZyt6X6WA7ZUxyYkFhMcXz6w=w300), acesso em 10 de outubro de 2015.

<sup>2</sup> Disponível em <http://img-aws.ehowcdn.com/615x200/ehow/images/a05/mo/r2/refresh-nimh-batteries-800x800.jpg>, acesso em 10 de outubro de 2015.

Com o circuito elétrico desligado, posicione a bússola de tal modo que a direção *norte-sul* fique alinhada com o fio condutor (em azul) do seu circuito. Para isso, pode ser necessário girar o circuito. Procure montar seu experimento conforme a representação na figura abaixo:

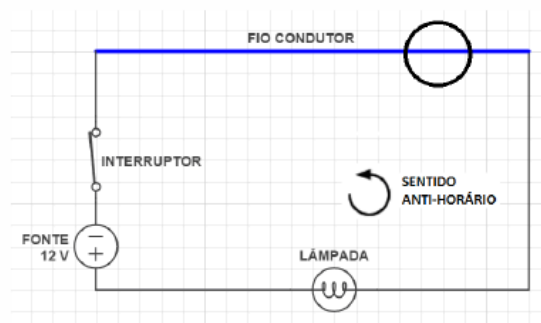
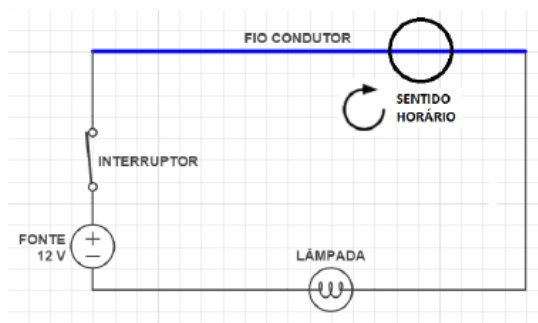


Assinale qual a posição da chave “POLARITY SW” da fonte:

( ) *POSITIVO* = corrente no sentido horário.

( ) *NEGATIVO* = corrente no sentido anti-horário.

Acione o interruptor e observe o que acontece com a agulha da bússola. Inverta o sentido da corrente e observe. Esboce nos desenhos abaixo o comportamento da agulha da bússola em cada uma das situações:



Vocês conseguem supor que fenômeno está provocando tais comportamentos na bússola? Comente no espaço abaixo:

---



---



---

Repita os procedimentos anteriores, colocando a bússola **sobre o fio**. Observe o que mudou com relação ao alinhamento da agulha da bússola quando esta estava posicionada **sob o fio**. Anote suas observações:

---



---



---

Parabéns! Vocês acabaram de reproduzir e interpretar o experimento que viria a mostrar que fenômenos elétricos podem produzir fenômenos magnéticos.

Pergunte ao seu professor o que é a “regra da mão direita” e aguarde a explicação.

### Parte III – Circuito com espiras

Solicite ao professor o circuito elétrico com espiras.

Utilizando a *regra da mão direita* que vocês acabaram de aprender, tente prever o formato do campo produzido pela corrente elétrica que percorre as espiras.

Faça um mapeamento do campo produzido pelas espiras, utilizando a técnica aprendida na aula passada (mapeamento do campo de um ímã). Faça um esboço das linhas de campo no desenho ao lado.

Solicite ao professor que verifique seu esboço.

Vista frontal



Vista superior

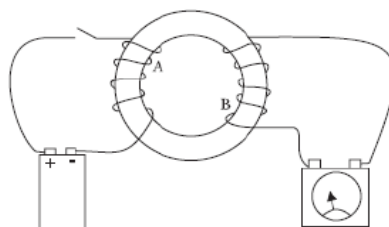


|                                                                                   |                                        |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|
|  | <b>Atividade Experimental</b>          |         |
|                                                                                   | Disciplina: FÍSICA                     |         |
|                                                                                   | Professor: Marlon Labas                | Equipe: |
|                                                                                   | Assunto: <b>Experiência de Faraday</b> | Data:   |

### Parte I – Observando o funcionamento do transformador de Faraday

Michel Faraday já sabia, através das experiências de Oersted e de outros, que as correntes elétricas produziam efeitos magnéticos. A questão posta por ele, por volta de 1821, era então investigar se o fenômeno inverso poderia ocorrer, ou seja, *será que o magnetismo poderia produzir correntes elétricas?* Ou melhor: *Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?* Ou ainda: *Será que uma corrente estacionária num fio não poderia gerar corrente num outro fio?*

Numa investigação cuidadosamente planejada, Faraday mostrou que estas questões eram respondidas negativamente. Porém, dando continuidade a suas pesquisas, em 1831, ao fazer experiências com dois fios enrolados em espiral em volta de um anel de ferro (Fig. 1), notou, acidentalmente, que aparecia uma corrente numa das bobinas sempre que se ligava ou desligava a chave que permitia passar corrente na outra bobina.



**Figura 1** – Representação esquemática da montagem experimental que permitiu Faraday observar o fenômeno da *indução magnética*.

Dito de outro modo, toda vez que a corrente *variava* num fio (circuito), havia indução de corrente elétrica no outro fio (circuito), colocado nas suas vizinhanças! Não satisfeito com apenas esta observação, Faraday passou a investigar a possibilidade de produzir o mesmo efeito de outra maneira. Mostrou, experimentalmente, logo em seguida, que o núcleo de ferro não era necessário para a produção do fenômeno, porém sua presença intensificava o efeito.<sup>1</sup>

### Parte II – Experimento de Faraday

*Será que um ímã muito forte, colocado perto ou em volta de um fio, não poderia gerar uma corrente no fio?*

Essa pergunta ainda faltava ser respondida, mas logo após realizar a experiência conhecida como “transformador de Faraday”, ele mostrou que se uma barra imantada fosse introduzida na bobina B, uma corrente seria induzida também neste circuito, no momento em que se inserisse ou no momento em que se retirasse tal barra.

Pois bem, de posse de uma bobina, um multímetro e um conjunto de ímãs (4 ímãs) reproduza o experimento de Faraday (Fig. 2) e descreva o que você observa ao aproximar e afastar os ímãs da bobina:

---

---

---

---

---

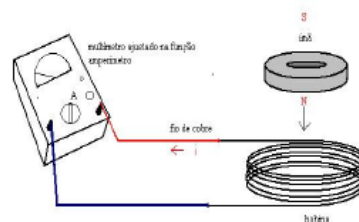
---

---

---

---

---



**Figura 2** – Montagem experimental<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Texto adaptado de: ROCHA, JFM., org. Origens e evolução das idéias da física [online]. Salvador: EDUFBA, 2002.

Agora que vocês já observaram qualitativamente o que acontece ao aproximar ou afastar um ímã da bobina, variem o diâmetro da bobina, mantendo o mesmo número de enrolamentos e anotem os valores máximos de corrente observadas:

**Tabela 1 – Bobinas com 100 enrolamentos**

| <i>Diâmetro</i> | <i>Corrente máxima observada (μA)</i> |
|-----------------|---------------------------------------|
| Pequeno         |                                       |
| Médio           |                                       |
| Grande          |                                       |

**Tabela 2 – Bobinas com 200 enrolamentos**

| <i>Diâmetro</i> | <i>Corrente máxima observada (μA)</i> |
|-----------------|---------------------------------------|
| Pequeno         |                                       |
| Médio           |                                       |
| Grande          |                                       |

Comparando os valores observados e anotados nas tabelas para a corrente induzida nas bobinas, existe alguma dependência entre a corrente induzida e o diâmetro? E com relação ao número de voltas (enrolamentos)? Comente no espaço abaixo:

---



---



---



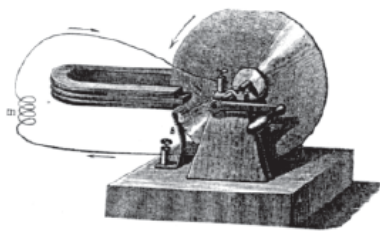
---



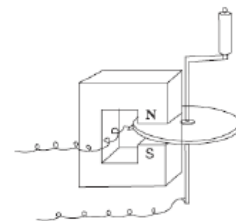
---

Após estas e outras experiências, Faraday percebeu que a palavra chave para explicar este fenômeno era *variação*, e utilizando o conceito de linhas de força, sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnéticas pode induzir uma corrente num fio. Mais tarde, Faraday utilizou a palavra *campo* para se referir à disposição e à intensidade das linhas de força no espaço.

Uma consequência prática da descoberta da indução eletromagnética foi a possibilidade de se construir máquinas elétricas geradoras de corrente. Isto foi feito, inicialmente, pelo próprio Faraday ao construir seu gerador de corrente elétrica constante, conhecido como *dínamo de disco de Faraday* (Figs. 2 e 3). Nele, um disco de cobre, girando entre os pólos de um ímã, gera uma corrente elétrica contínua num circuito ligado ao disco através de escovas.



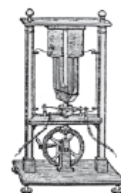
**Figura 2 – Dínamo de disco de Faraday**



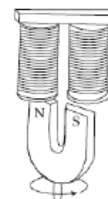
**Figura 3 – Desenho esquemático**

Uma vez descoberto o princípio da indução eletromagnética, muitos outros tipos de geradores mecânicos de eletricidade foram inventados, a exemplo do gerador construído pelo francês Hippolyte Pixii que, na época (1832), trabalhava com Ampère como construtor de instrumentos; nesta máquina, os pólos magnéticos de um ímã giram em relação a duas bobinas fixas (Figs. 4 e 5).

Logo em seguida, surgem geradores nos quais só a bobina gira em relação aos pólos magnéticos fixos. A produção de energia elétrica em larga escala, através de geradores mecânicos de eletricidade, a partir de usinas hidrelétricas, só se tornou realidade nas últimas décadas do século passado.



**Figura 4 – Gerador eletromagnético de 1832**



**Figura 5 – Representação esquemática do gerador de 1832**

<sup>2</sup> Disponível em: [http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/lei\\_de\\_faraday\\_lenz1.JPG](http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/lei_de_faraday_lenz1.JPG)

## KITS EXPERIMENTAIS

### MAPEAMENTO DO CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR UM ÍMÃ

---

#### Recursos físicos

Folhas de papel A4, ímãs e mini bússolas.

#### Descrição dos materiais (sugestão que pode ser adaptada pelo professor)

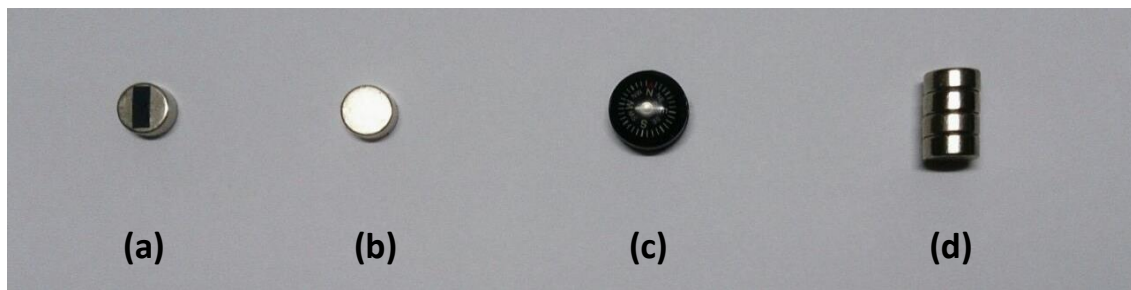


Imagem 1 - Materiais utilizados na montagem do kit 01

- (a) – Ímã (preferencialmente de neodímio – é encontrado facilmente à venda na internet) com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura, face norte (ou sul) preparada com marcação em fita isolante;
- (b) – Ímã de neodímio com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura, face sul (norte);
- (c) – Mini Bússola com 15 mm de diâmetro (à venda pela internet);
- (d) – Quatro ímãs de neodímio com 10 mm de diâmetro e 4 mm de altura.

**Observação:** Devido à dificuldade em encontrar esses materiais em lojas não especializadas, todos eles foram adquiridos em lojas virtuais nacionais.



Imagem 2 - Registro do comportamento das bússolas próximas ao campo magnético dos ímãs

## EXPERIÊNCIA DE OERSTED

### Recursos físicos

Folhas de papel A4, bússolas, fios, lâmpada, interruptor e fonte de corrente contínua.

### Descrição dos materiais

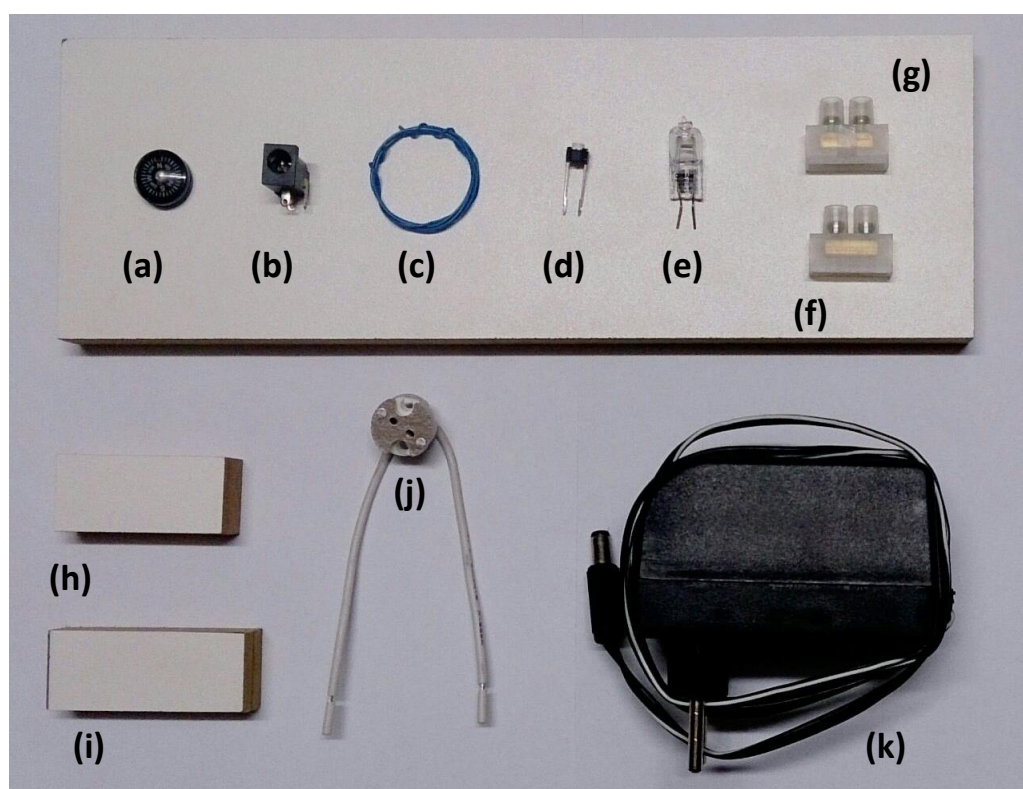


Imagem 3 - Materiais utilizados na montagem do kit 02

(a) – Mini Bússola com 15 mm de diâmetro;

(b) – Conector P4 “fêmea”;

- (c) – 70 cm de fio fino para a montagem do circuito elétrico;
- (d) – Chave (interruptor);
- (e) – Lâmpada halógena (12V – 20W);
- (f) – Dois conectores de fios elétricos (6 mm);
- (g) – Placa de madeira para suporte (8 cm x 25 cm);
- (h) – Três suportes de madeira (4,5 cm x 2 cm);
- (i) – Um suporte de madeira (5 cm x 2 cm);
- (j) – Soquete para lâmpada halógena;
- (k) – Fonte de corrente contínua (9V – 1A).

### Circuito para o experimento

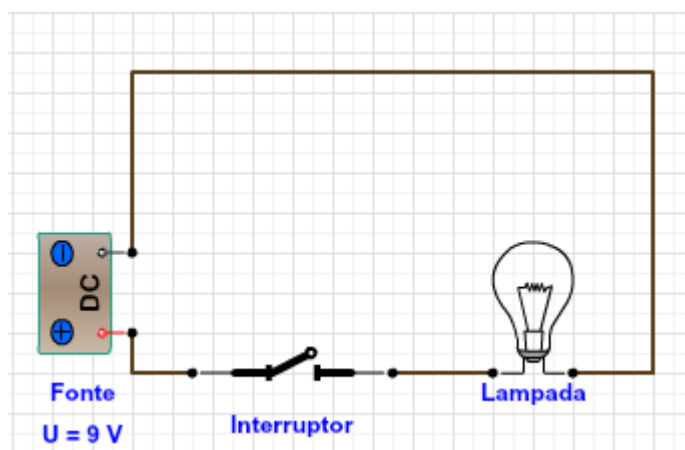
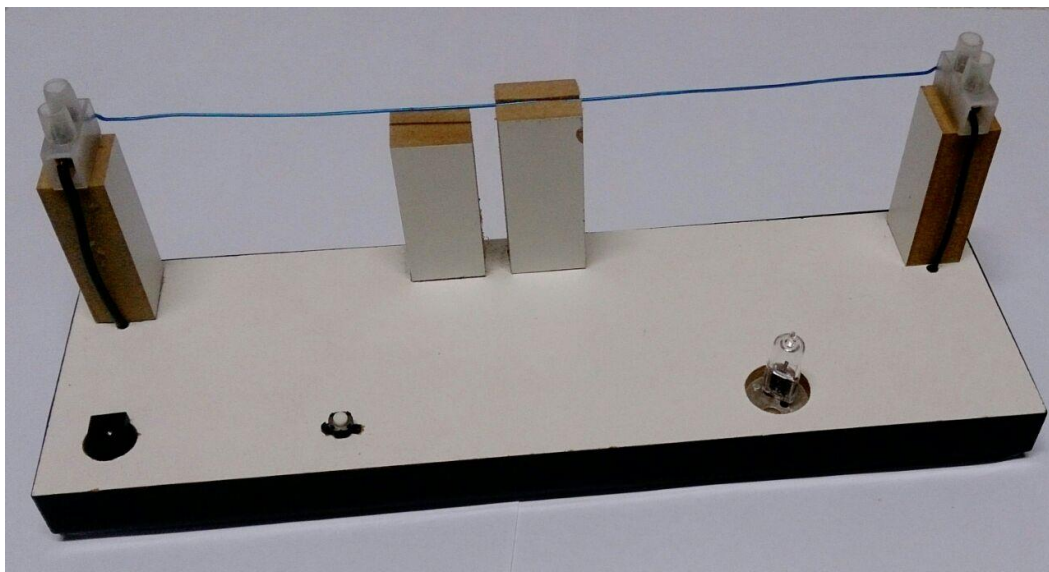


Figura 13 - Representação do circuito utilizado no experimento

Para desenhar esse circuito utilizamos o editor de circuitos online “DoCircuits”, disponível no site: <http://www.docircuits.com/circuit-editor>. Por se tratar de uma ferramenta online, dispensa a instalação de qualquer aplicativo, basta acessar o site de criar o circuito que desejar.

### Montagem sugerida



**Imagem 4 - Montagem sugerida do kit 02**

Ao incluirmos uma lâmpada ao circuito estamos favorecendo a associação do fenômeno da deflexão da agulha da bússola com o acendimento da lâmpada, ou seja, fica mais evidente para o estudante que o fenômeno magnético aparece toda vez que a corrente elétrica percorre o circuito (acende a lâmpada).



**Imagem 5 - Comportamento das bússolas quando corrente elétrica contínua percorre o circuito**

**Dica:**

Para evitar a manutenção permanente dos kits sugerimos a fixação dos suportes para as bússolas com parafusos, quanto maior a rigidez da montagem, maior será sua durabilidade.

### Circuito com espiras



Imagem 6 – Circuito com espiras

Composto de um interruptor, uma lâmpada halógena, um conector P4 “fêmea” e fio condutor enrolado em formato de um conjunto de espiras (10 voltas, diâmetro de 65 mm). Esse circuito auxilia na demonstração do formato do campo magnético produzido pelo conjunto de espiras. Ajuda também para ilustrar a “regra da mão direita”.

No conector P4 pode-se ligar a fonte de corrente contínua e ao acionar o interruptor, a corrente irá circular no circuito, o que ficará evidenciado pelo acendimento da lâmpada.

## CONSTRUÇÃO DE ELETROÍMÃS

---

### Recursos físicos

Fontes de 9 a 12 V, aproximadamente 10 metros de fio de cobre esmaltado ou fio metálico encapado (fios de telefonia interna - CCI), 4 a 6 parafusos de ferro ou liga metálica que contenha um material ferromagnético e uma caixa de cliques (50 unidades).

### Descrição dos materiais

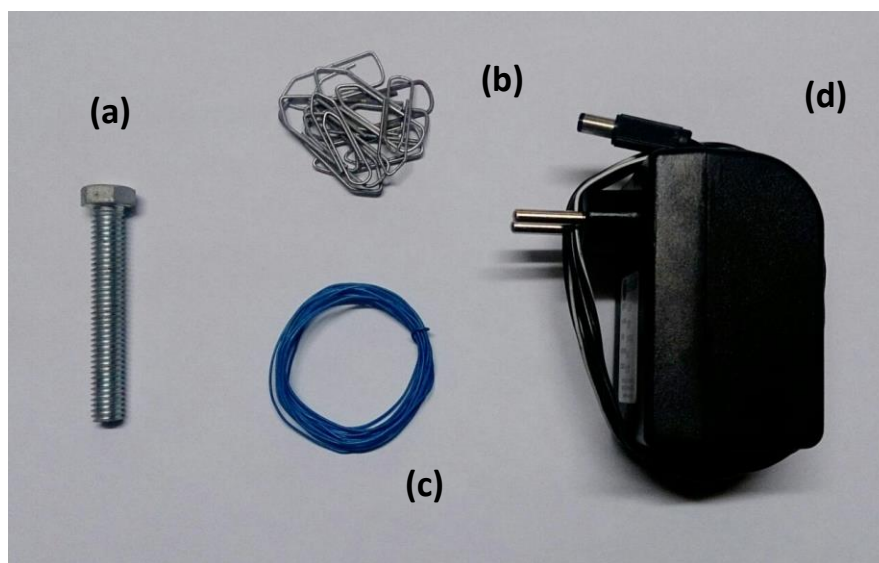


Imagem 7 – Materiais utilizados na montagem do kit 03

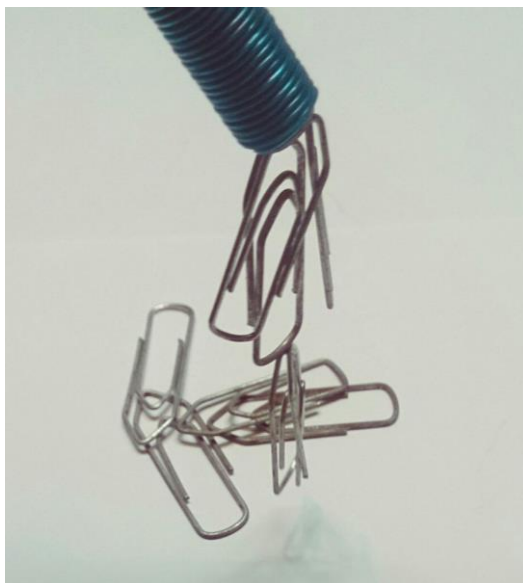
- (a) – Parafuso de liga de ferro com dimensões aproximadamente 10 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro;
- (b) – Clipes para papel;
- (c) – Fio encapado (aproximadamente 2 m);
- (d) – Fonte de corrente contínua (9V – 1A).

Nessa atividade, os estudantes irão construir seus eletroímãs. No entanto, orientamos o professor a montar previamente um eletroímã para eventuais demonstrações.

Outra dica importante relaciona-se ao funcionamento do eletroímã, devido à baixa resistência elétrica do fio condutor recomenda-se não manter o eletroímã ligado por mais que alguns segundos, para evitar danos à fonte. Uma alternativa para evitar danos é preparar o circuito utilizando-se uma lâmpada halógena (igual à colocada no experimento adaptado de Oersted) para ser ligada em série com o circuito do eletroímã.



**Imagem 8 - Eletroímã em funcionamento**



**Imagem 9 - Eletroímã em funcionamento (detalhe)**

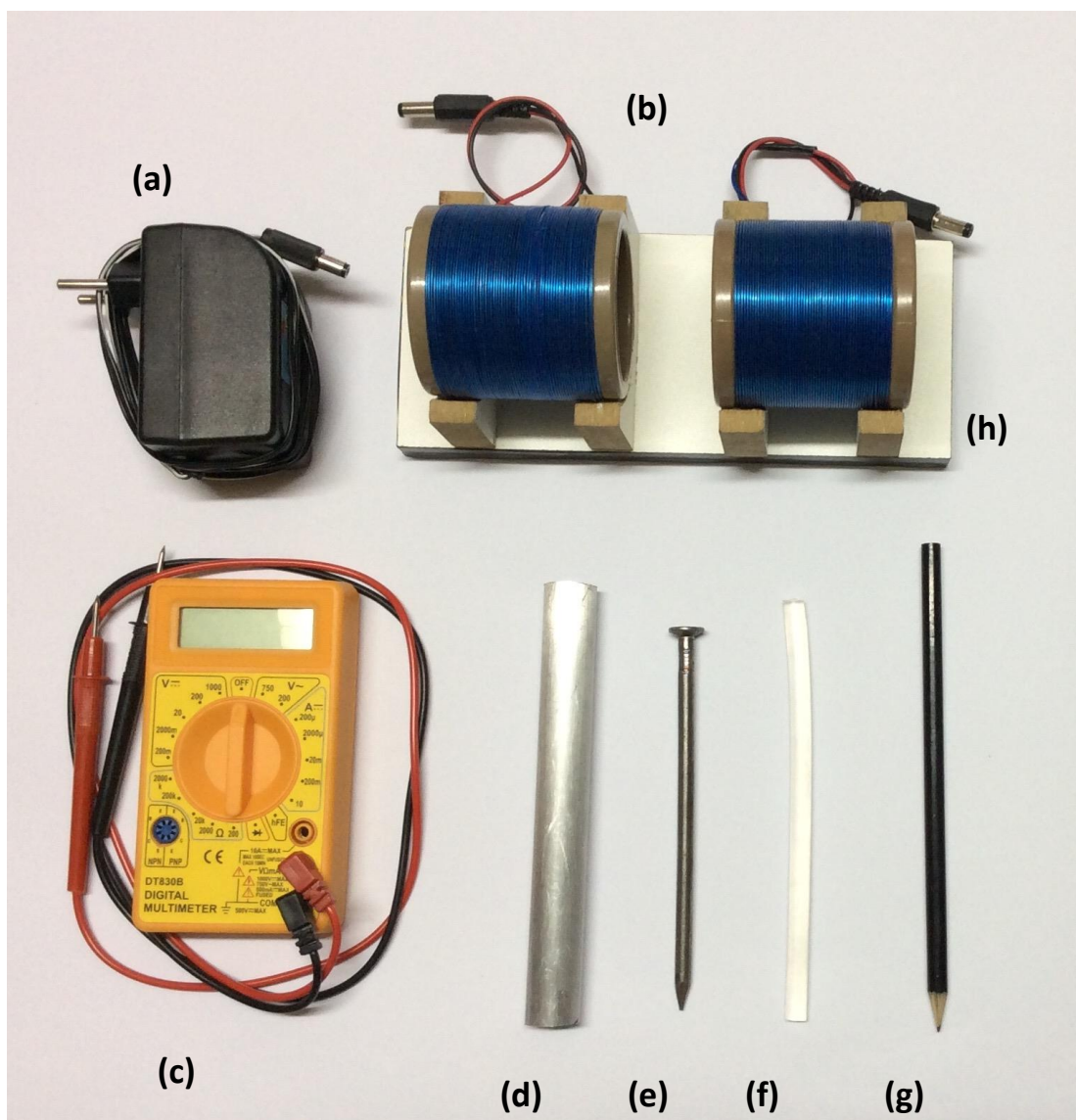
## **TRANSFORMADOR DE FARADAY**

---

### **Recursos físicos**

Uma fonte de 9 ou 12 volts; duas bobinas de iguais dimensões; um multímetro; fios de ligação (fios de telefonia interna – CCI); um bastão de ferro (ou prego comprido); um lápis; um bastão de “cola quente” e um bastão de alumínio.

### **Descrição dos materiais**



**Imagem 10 – Materiais utilizados na montagem do kit 03**

- (a)** – Fonte de corrente contínua (9V – 1A);
- (b)** – Duas bobinas com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 100 m para construção das duas bobinas);
- (c)** – Multímetro;
- (d)** – Cano de alumínio com aproximadamente 15,5 cm de comprimento (utilizado para suspensão de cortinas);
- (e)** – Bastão de ferro (prego com aproximadamente 14 cm de comprimento);
- (f)** – Bastão de “cola quente” com aproximadamente 15 cm;

(g) – Lápis;

(h) – Suporte de madeira (8 cm x 25 cm).

Nessa aula os estudantes irão utilizar o material preparado pelo professor (Kit) para reproduzir o experimento de Michael Faraday, descrito como um anel de ferro doce com dois enrolamentos de fios, um deles ligado a uma fonte de corrente elétrica e outro conectado a um galvanômetro. O dispositivo construído por Faraday era, agora sabemos, uma espécie de transformador primitivo.

### Circuito para o experimento

Uma das bobinas deverá ser ligada diretamente ao multímetro. No multímetro, escolhe-se a opção de medição de corrente elétrica, a fim de se detectar qualquer corrente induzida na bobina.

Nossa sugestão ao conectar a “bobina 1” à fonte de corrente é fazê-lo utilizando um circuito complementar (descrito adiante).

Toda vez que a lâmpada acender ou apagar será possível verificar o surgimento de uma corrente elétrica induzida na “bobina 2”. Isso facilitará a visualização de que o fenômeno da indução está associado à variação do fluxo magnético na bobina 2, produzido pelo campo da bobina 1.

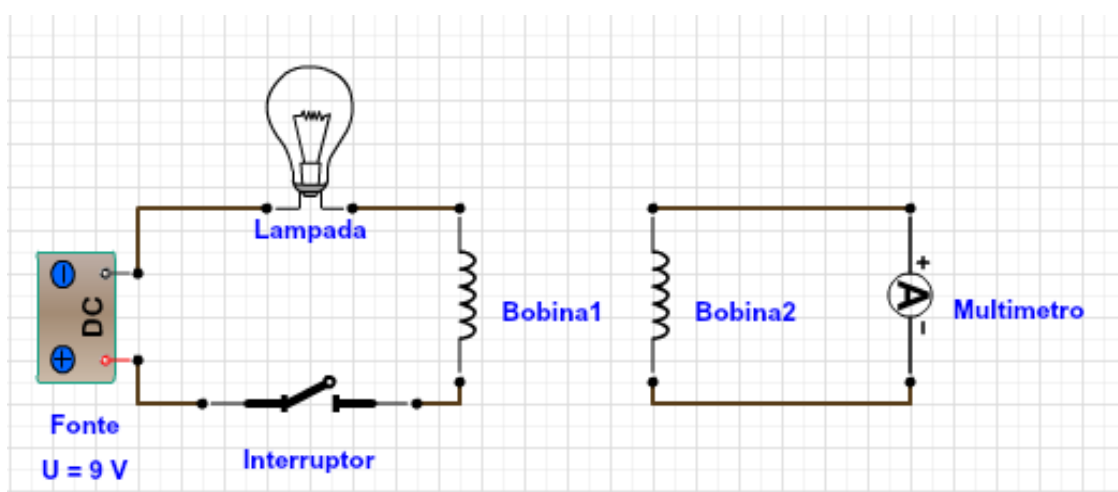


Figura 14 - Representação do circuito utilizado no experimento

**Dica:** Como o valor da corrente elétrica induzida na “bobina 2” é pequeno, na ordem de 1 mA, sugerimos utilizar a maior resolução do aparelho (menor fundo de escala do equipamento).

### Circuito auxiliar

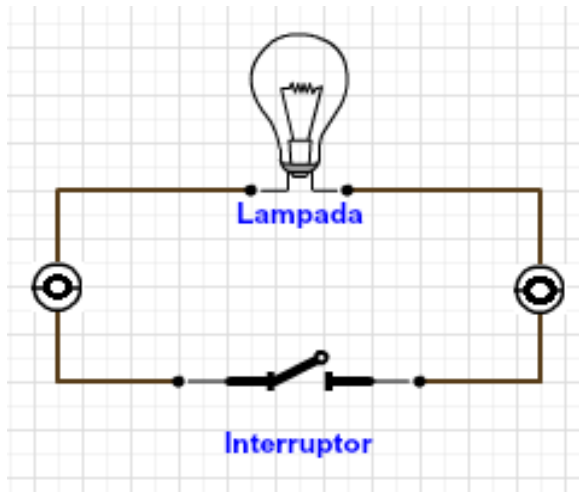


Figura 15 - Representação do circuito auxiliar

Composto de um interruptor, uma lâmpada halógena e dois conectores P4 “fêmea”, esse circuito facilita a montagem desse e de outros experimentos.

Em um dos conectores P4 pode-se ligar a fonte de corrente contínua e no outro a bobina.

A presença da lâmpada garante que maus contatos sejam percebidos, uma vez que o circuito está aberto quando não se percebe o acendimento da luz.

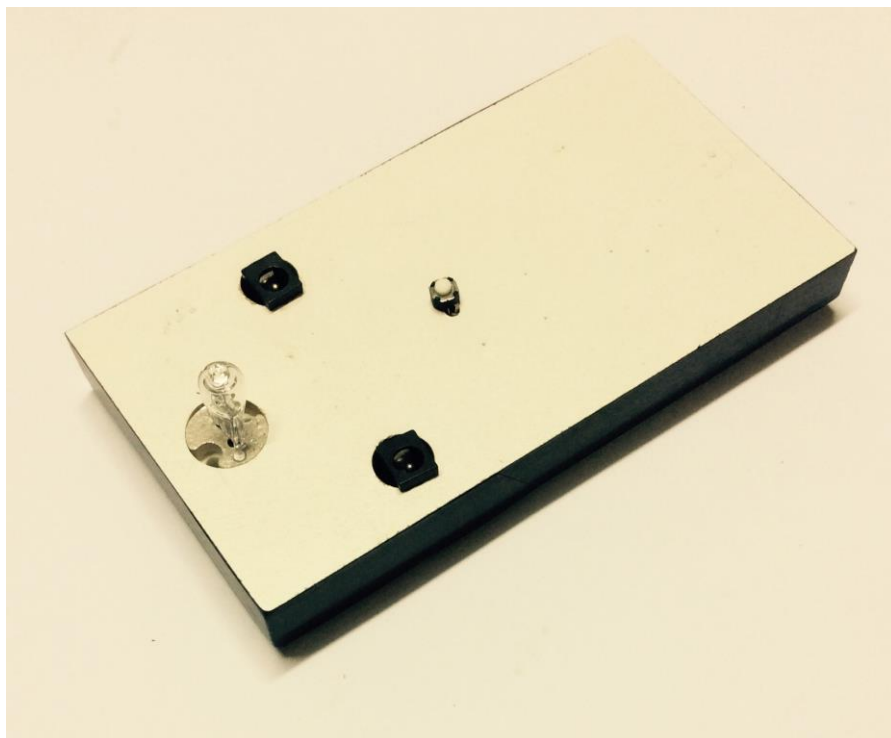
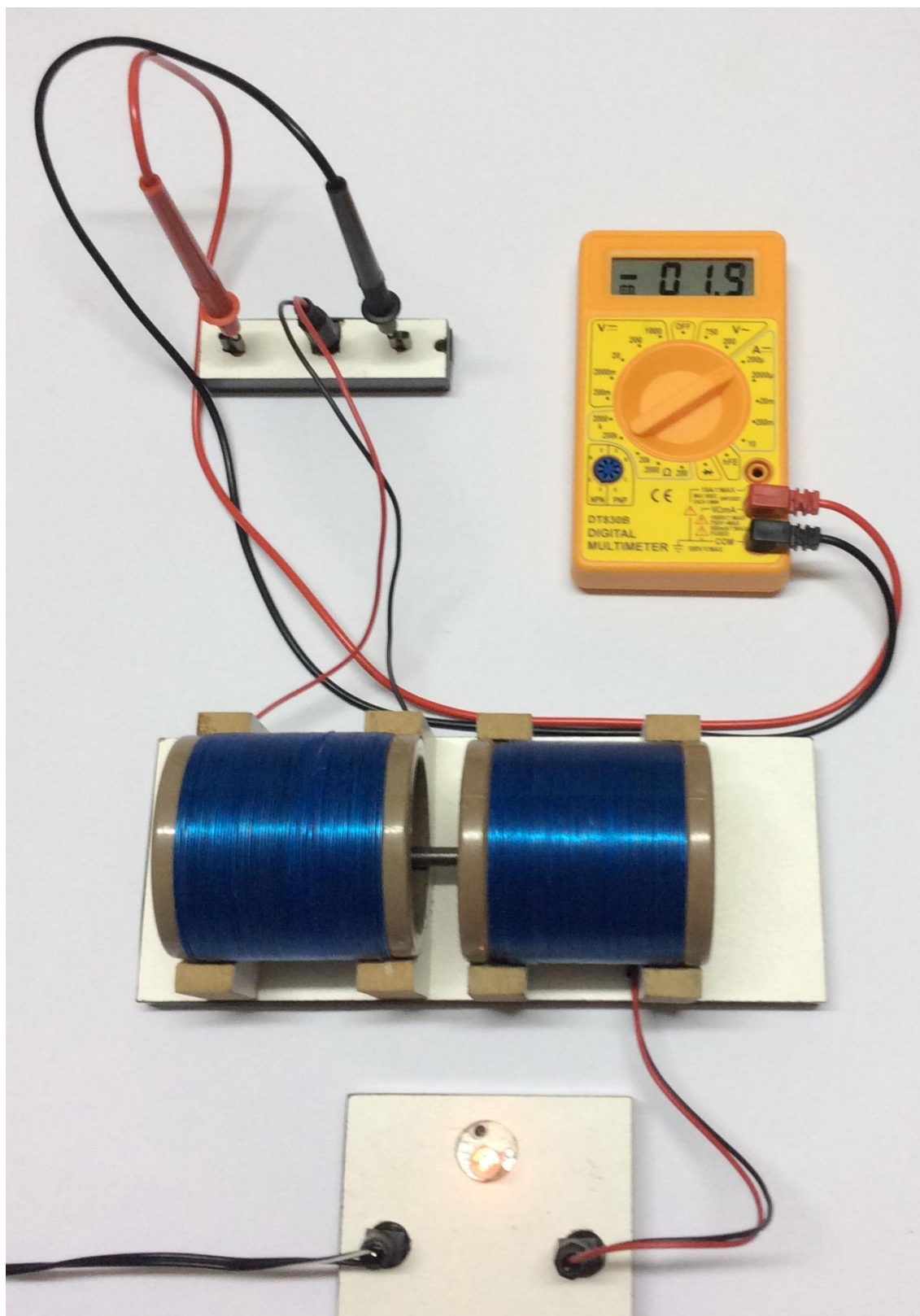


Imagem 11 - Circuito auxiliar

### **Montagem sugerida**

Sugerimos fixar uma das bobinas no suporte de madeira e conectá-la ao multímetro, assim garante-se maior durabilidade do aparato.

A outra bobina será conectada à fonte de corrente contínua. Nossa sugestão é utilizar o circuito auxiliar para facilitar a montagem.



**Imagem 12 – Corrente elétrica induzida medida ao acionar o interruptor do circuito auxiliar**

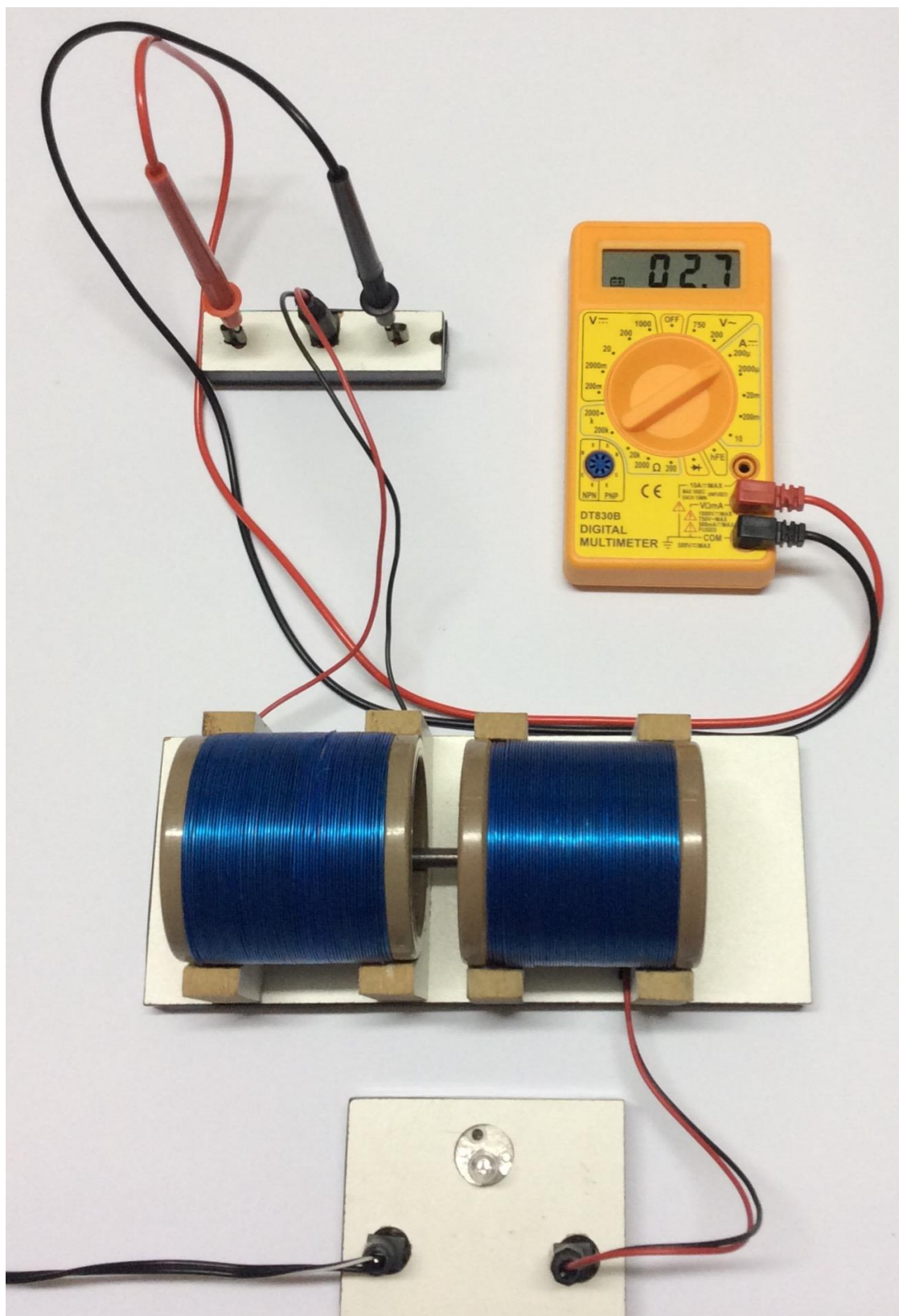
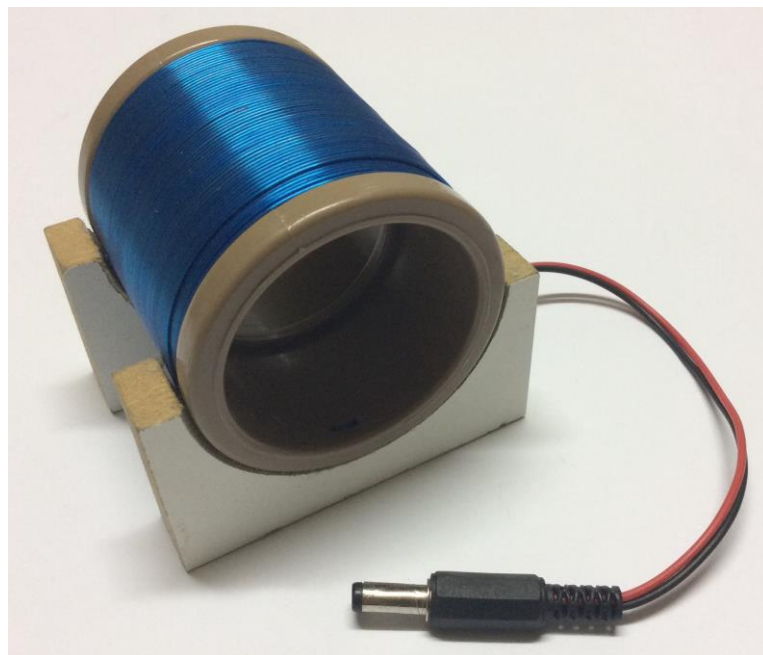


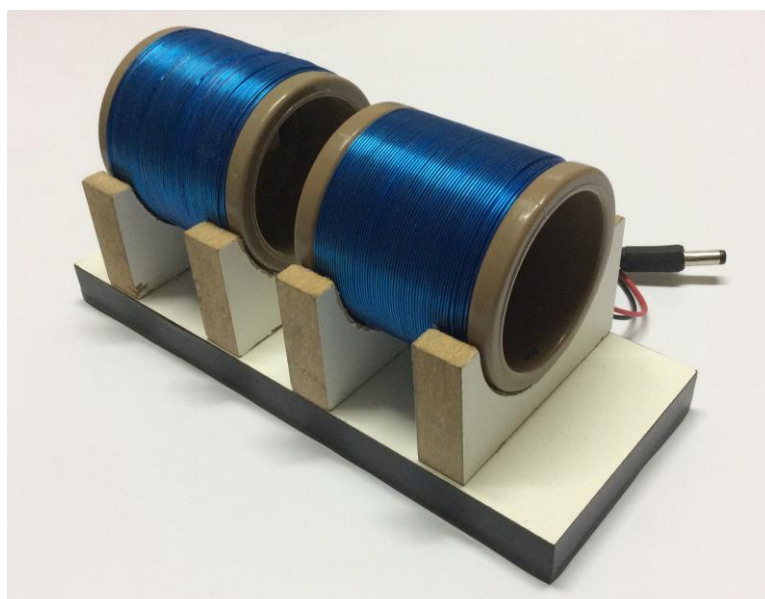
Imagem 13 – Corrente elétrica induzida medida ao desligar o interruptor do circuito auxiliar



**Imagem 14 – Bobina com 200 enrolamentos (em detalhe o plug P4)**

### **Dicas para a montagem das bobinas**

- Para facilitar a construção das bobinas sugerimos utilizar cola instantânea para se evitar o desenrolamento do fio;
- Ao montar as bobinas sugerimos a utilização de plugs P4 e conectores P4 “fêmea” para fazer a conexão delas com a fonte de corrente ou com o multímetro. Além de evitar eventuais maus contatos, facilita-se a montagem do experimento.



**Imagem 15 - Bobinas utilizadas no experimento**

## EXPERIÊNCIA DE FARADAY

---

### Recursos físicos

Uma fonte de 9 ou 12 volts; seis bobinas de diferentes dimensões; um multímetro; fios de ligação (fios de telefonia interna – CCI); um bastão de ferro (prego) e ímãs.

### Descrição dos materiais

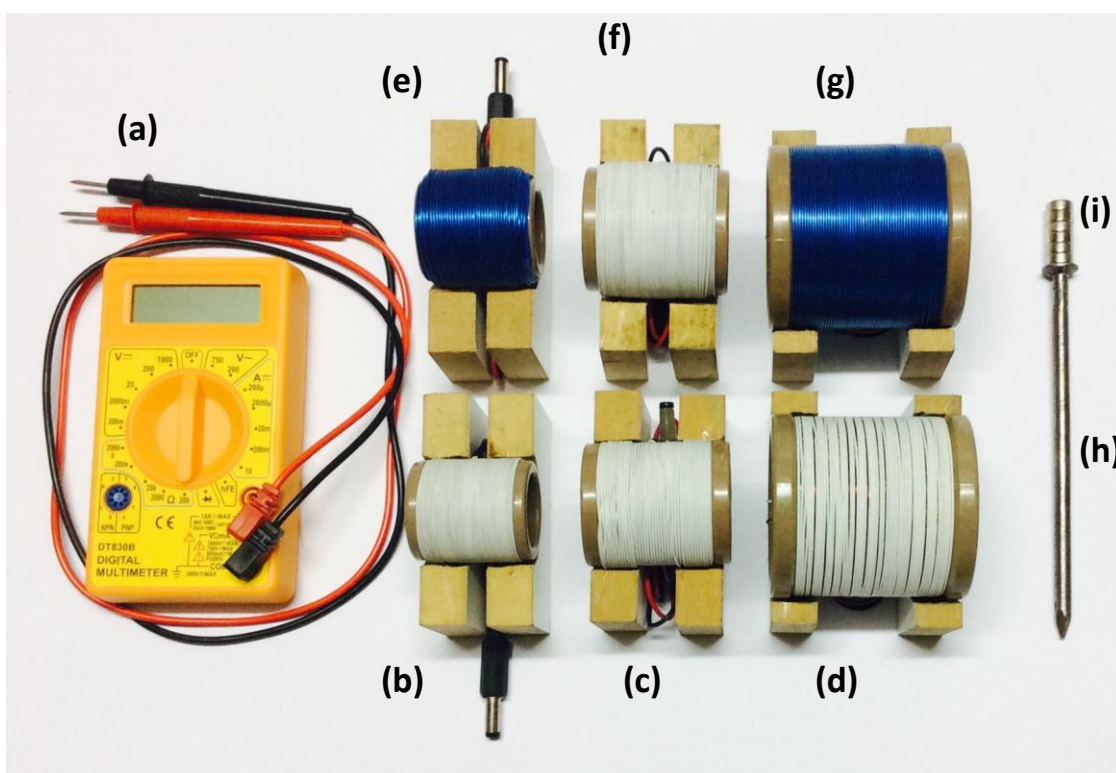


Imagem 16 – Materiais utilizados na montagem do kit 04

- (a) – Multímetro;
- (b) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 35 mm) e fio encapado (aproximadamente 12 m para construção dessa bobina);
- (c) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 45 mm) e fio encapado (aproximadamente 15 m para construção dessa bobina);
- (d) – Uma bobina com 100 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 21 m para construção dessa bobina);

- (e) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 35 mm) e fio encapado (aproximadamente 25 m para construção dessa bobina);
- (f) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 45 mm) e fio encapado (aproximadamente 31 m para construção dessa bobina);
- (g) – Uma bobina com 200 enrolamentos (diâmetro aproximado de 65 mm) e fio encapado (aproximadamente 50 m para construção dessa bobina);
- (h) – Bastão de ferro (prego);
- (i) – Ímãs.

#### Montagem sugerida

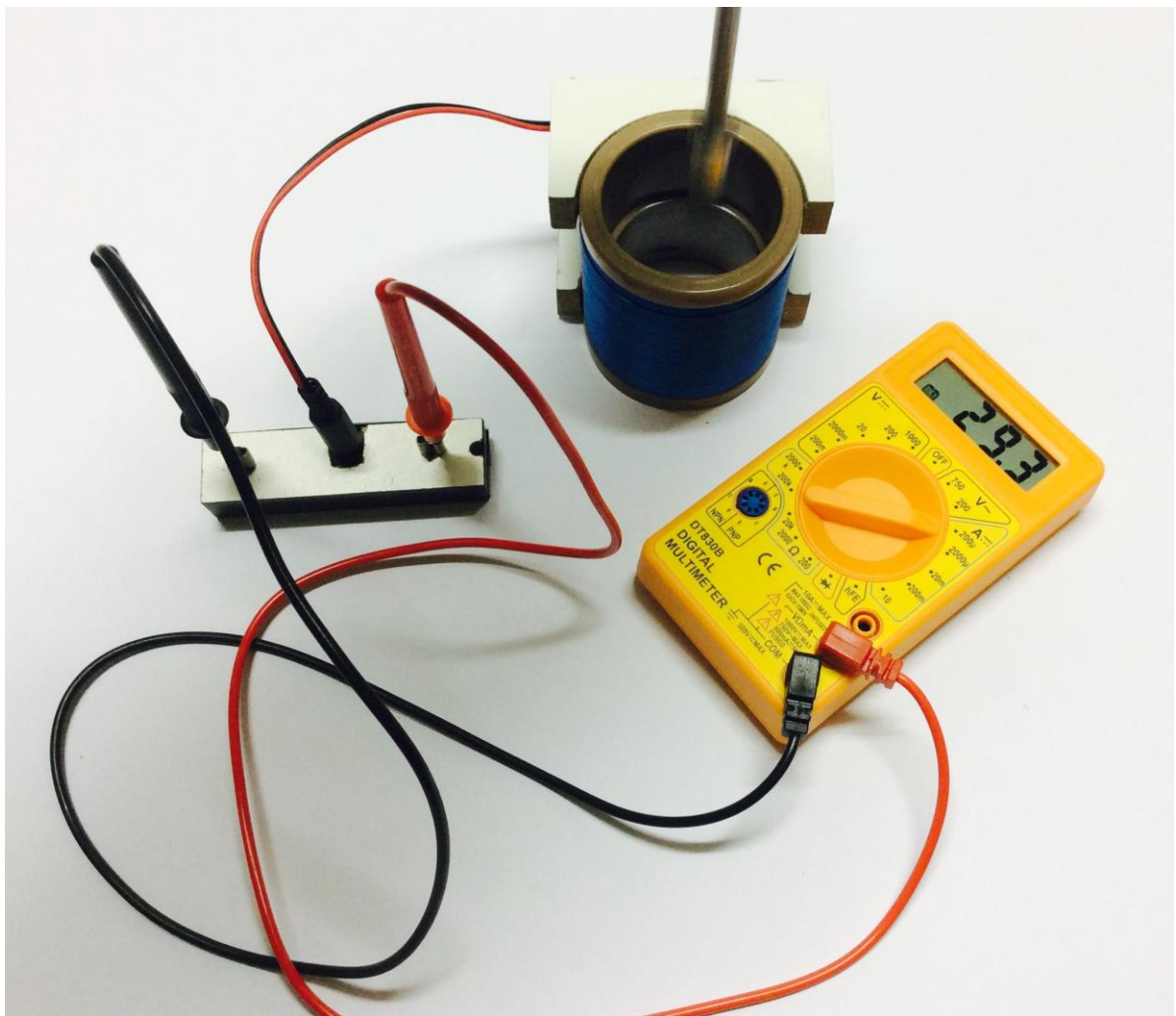


Imagem 17 – Corrente elétrica induzida pela aproximação dos ímãs à bobina de 200 enrolamentos

### Dicas:

- Sugerimos conectar-se a bobina ao multímetro utilizando um conector P4 “fêmea”. Assim facilita-se a montagem e garante-se um melhor contato com as pontas do multímetro;
- Sugerimos que as resistências elétricas das bobinas sejam igualadas (associação de resistores de valores convenientes às bobinas). Desta forma, evitam-se erros de medição pelo fato de elas possuírem características muito distintas quanto à esse parâmetro.

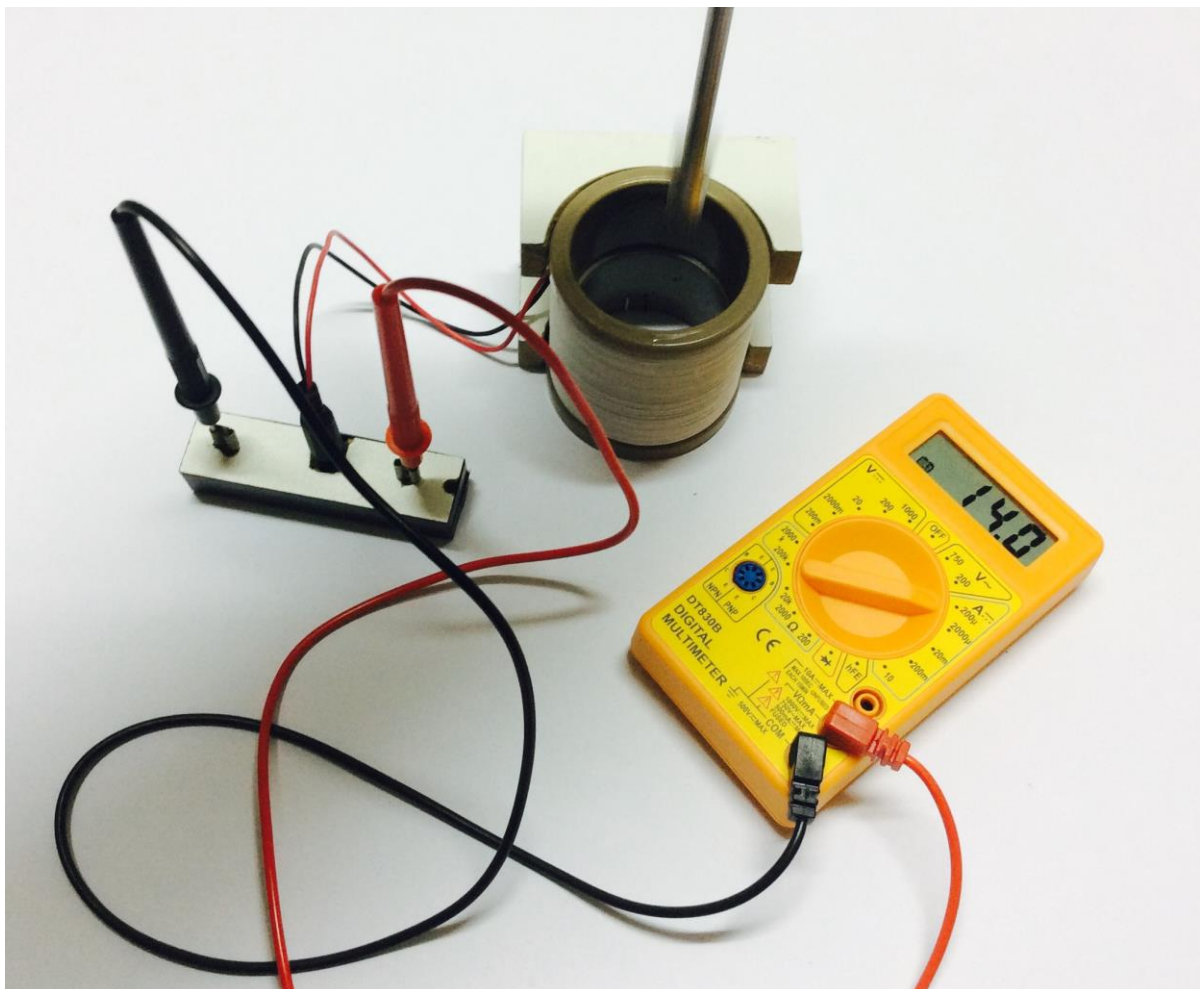


Imagem 18 – Corrente elétrica induzida pela aproximação dos ímãs à bobina de 100 enrolamentos

**SÉRIE**  
**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

**VOLUME 1 – Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**

*Wanderley Marcílio Veronez, Luiz Américo Alves Pereira, Gélson Biscaia de Souza*

**VOLUME 2 – O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**

*Marilene Probst Novacoski, Gélson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira*

**VOLUME 3 – Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday**

*Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro*

**VOLUME 4 – Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**

*Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio*

**VOLUME 5 – Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**

*Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro*

**VOLUME 6 – Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**

*Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva*

**VOLUME 7 – Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**

*Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva*

**VOLUME 8 – O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**

*Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva*

**VOLUME 9 – Física Nuclear e Sociedade**

**Tomo I – Caderno do Professor**

**Tomo II – Caderno do Aluno**

*Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade*

**VOLUME 10 – Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento**

**Tomo I – Caderno do Professor**

**Tomo II – Caderno do Aluno**

*Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro*

**VOLUME 11 – Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**

*Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti*

**VOLUME 12 – Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**

*Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires*

**VOLUME 13 – O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**

*Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva*

**VOLUME 14 –**

**Tomo I - Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**

**Tomo II – Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**

*Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva*

**VOLUME 15 – O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**

*Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva*



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons –  
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

Disponível em:

<http://uepg.br/proex/Home/ebook.html>

