



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS VIRTUAIS E
ATIVIDADES PRÁTICAS.**

Aluno: Marcelo de Amorim Oliveira.

**Orientador: Prof. Dr. Gustavo Gurgel
de Oliveira Rebouças.**

Mossoró

2020

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
CAPÍTULO 01 - UMA VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL.	2
Metodologia/Objetivo dos encontros.	2
Conteúdos abordados.	3
CAPÍTULO 02 – MATERIAIS UTILIZADOS.	4
CAPÍTULO 03 – A SEQUÊNCIA DE ENCONTROS.	5
ENCONTRO 01.....	5
O texto introdutório.....	5
As simulações computacionais.	6
PhET simulações interativas.	7
Física na Escola simulações.	11
ENCONTRO 02.....	16
Experiência 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.	17
Experiência 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.....	20
ENCONTRO 03.....	23
Experiência 03 – Levitação magnética.....	23
Experiência 04 – Freio magnético.....	26
ENCONTRO 04.....	29
Aplicação de teste.....	29

APRESENTAÇÃO.

Caro professor

Este produto educacional é uma sequência didática para ensino de tópicos de eletromagnetismo. A base teórica desta proposta de intervenção pedagógica é a teoria do interacionismo social de Lev Vygotsky e propõe atividades pedagógicas que englobam o uso de simulações computacionais e a realização de práticas experimentais. As atividades didáticas virtuais e experimentais apresentadas neste trabalho devem ser realizadas pelos alunos sob a observação e tutoria do professor. Busca-se nesta proposta a adoção de uma metodologia de ensino onde se possa constantemente estabelecer a interação do aprendiz com o objeto de estudo, com o professor e com os demais estudantes.

Durante as atividades experimentais virtuais e práticas, os estudantes não se limitarão apenas a observar a execução de um experimento pelo professor, uma vez que eles mesmos é que deverão manusear os simuladores computacionais e também os materiais nas atividades empíricas, na tentativa de montar os experimentos, observar e reproduzir os fenômenos físicos. Outra possibilidade desta metodologia é a de se estabelecer uma comunicação dialógica entre professor e estudantes. Busca-se por fim induzir os alunos a observar, realizar atividades empíricas, formular questionamentos, levantar hipóteses sobre os fenômenos envolvidos e a propor respostas coerentes com o saber científico para estes mesmos questionamentos. Esta sequência de aulas pode ser adaptada à realidade do professor, de seus alunos e dos recursos como tempo, materiais e equipamentos disponíveis.

Este produto educacional é resultado de um trabalho que é parte do trabalho de conclusão do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física promovido pela a Universidade Federal do Rural do Semiárido (UFERSA) e pela Sociedade Brasileira de Física.

CAPÍTULO 01 - UMA VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL.

Este produto educacional apresenta uma sequência didática com atividades para serem desenvolvidas em dois ambientes: em uma sala de informática/computação e em um laboratório didático de ciências ou de física. A sequência de atividades consta de quatro encontros de 50 minutos conforme detalhamento da Tabela 01.

TABELA 01 – Resumo dos encontros

ENCONTRO	DURAÇÃO (min)	ATIVIDADE
1	50	Texto introdutório / Simulações computacionais
2	50	Atividade prática 01 e 02
3	50	Atividade prática 03 e 04
4	50	Aplicação do questionário avaliativo

Fonte: O próprio autor.

Metodologia/Objetivo dos encontros.

Primeiro encontro: Por meio da leitura de um texto introdutório fomentar uma breve discussão sobre aplicações gerais das leis do eletromagnetismo. Em seguida, por meio do manuseio e interação com os simuladores computacionais, explorar de forma introdutória e experimental/virtual fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo.

Segundo encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, explorar conceitos e ideias do eletromagnetismo como a força de Lorentz, a regra da mão direita e a Lei da indução de Faraday.

Terceiro encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, dar continuidade à exploração de conceitos e ideias do eletromagnetismo trabalhado no segundo encontro, adicionando a estes as ideias da Lei de Lenz e das correntes de Foucault.

Quarto encontro: Fazer uma avaliação de aprendizagem dos conteúdos explorados por meio das atividades desenvolvidas.

Esta proposta é direcionada para acontecer com grupos de no máximo 20 alunos divididos em grupos com no máximo cinco alunos cada. É recomendado que os alunos que irão participar destas atividades já tenham visto em seu currículo, conteúdos referentes à eletrodinâmica como corrente elétrica, corrente contínua e alternada, potencial elétrico entre outras, no entanto esta recomendação não é um pré-requisito exigido para o desenvolvimento destas atividades.

No primeiro encontro desta sequência, os alunos farão a leitura de um texto introdutório e logo em seguida irão fazer o manuseio de simuladores computacionais, para isto devem ter acesso a computador com internet. A sala de informática é o local indicado para a realização desta atividade e a condição ideal é que fique um aluno em cada computador, ou caso não seja possível que sejam no máximo dois alunos por computador.

Os dois encontros seguintes são em laboratórios de ciências ou física, no entanto estes encontros também podem acontecer na sala de aulas convencional. Neles serão realizadas as atividades práticas experimentais.

Por fim no quarto encontro os alunos deverão responder a um questionário que é o teste avaliativo e que poderá ser usado pelo professor como parâmetro para observação da aquisição de competências e habilidades adquiridas nestes encontros.

Conteúdos abordados.

Os conteúdos abordados nas atividades desta proposta são algumas Leis e formulações do eletromagnetismo:

- A Lei de Ampère, a força de Lorentz, a experiência de Oersted, a regra da mão direita e a interação carga campo;
- A Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday;
- A Lei de Lenz que é um complemento da Indução Eletromagnética;
- As Correntes de Foucault.

CAPÍTULO 02 – MATERIAIS UTILIZADOS.

Computadores com acesso a internet são necessários para a realização do encontro 01. O quadro 01 apresenta a lista dos materiais que serão utilizados nas experiências que serão realizadas nos encontros 02 e 03. O detalhamento do manuseio destes materiais com a definição de quantidades e medidas se encontra no capítulo 03 no detalhamento de cada atividade prática.

QUADRO 01 – Materiais para aulas práticas

ITEM	MATERIAIS	QUANTIDADES
1	Ímãs de neodímio em formato cilíndrico com diâmetro entre 13 mm e 15 mm e altura de 3 mm a 5 mm.	30 unidades
2	Pequenas estruturas em madeira ou material similar com 2 pequenos pregos fixados na extremidade.	5 unidades
3	Fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede).	3 metros
4	Bateria de 9,0 V.	5 unidades
5	Tubos cilíndricos que devem ser constituídos de material transparente.	5 unidades
6	Fio de cobre esmaltado 28, 30 ou 32 AWG .	400 gramas
7	LED difuso de 5 mm.	15 unidades
8	Cano de cobre ou alumínio 3/4".	5 peças de 30 cm
9	Cano de PVC 3/4".	5 peças de 30 cm

Fonte: O próprio autor.

CAPÍTULO 03 – A SEQUÊNCIA DE ENCONTROS.

ENCONTRO 01.

O texto introdutório.

Todos os encontros terão duração de cinquenta minutos. No início do primeiro encontro o professor apresentará aos alunos o texto em destaque abaixo que vai introduzir os assuntos. Os alunos devem fazer uma breve leitura do texto, ele é a parte deste material que antecede os conteúdos propriamente ditos. O texto tem uma abordagem contextualizada e explora a geração de energia elétrica em usinas hidrelétricas. Nele além de se falar sobre a importância das usinas hidrelétricas, de modo sucinto se apresenta a conversão da energia mecânica da água em energia elétrica através de um sistema de represamento da água, turbinas e geradores. O texto deve ser lido pelos estudantes no próprio laboratório de informática, local adequado para o primeiro encontro, na forma impressa ou em arquivo digital. O texto deve ser o ponto de partida de uma breve discussão que tem como objetivo principal fazer a apresentação de aplicações mais gerais do eletromagnetismo e suscitar questionamentos sobre a geração de energia, mas sem apresentar suas bases teóricas. Após a discussão do texto que deve durar, no máximo 10 minutos deste encontro, os alunos devem começar a usar os computadores para fazer as simulações.

A ENERGIA HIDRELÉTRICA E SUA IMPORTÂNCIA

Em 2002 durante a Conferência da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento sustentável, representantes de mais de 170 países se posicionaram favoráveis à geração de energia hidrelétrica e a reconheceram como merecedora de apoio internacional. O fato se deve por vários motivos: a energia hidrelétrica é renovável, viabiliza a utilização de outras fontes de energia renováveis, promove a segurança energética dos povos e a estabilidade dos preços da energia, contribui para o armazenamento de água

potável, ajuda a combater mudanças climáticas, melhora o ar que respiramos e contribui significativamente para o desenvolvimento entre outros.

Uma usina hidrelétrica como a de Itaipu produz eletricidade a partir da energia hidráulica da água sem reduzir sua quantidade, através de um sistema eletromecânico. A água dos rios é represada em grandes reservatórios elevados que formam lagos artificiais e dela se aproveita a energia potencial gravitacional. A água escoar por meio de dutos forçados até as turbinas que são formadas por uma grande roda, dotada de uma série de pás ligadas a um eixo, que gira quando a água passa por elas. Antes de se converter em energia elétrica a energia potencial gravitacional da água é convertida em energia cinética que vai provocar a rotação da turbina. As turbinas por sua vez são acopladas aos geradores eletromagnéticos que são constituídos basicamente por fios e ímãs, neles o rotor entra em movimento o que provoca uma mudança de posição do campo magnético produzindo assim a energia elétrica que alimenta as cidades.

Em 2015 a contribuição da energia hidráulica na matriz energética do Brasil foi de aproximadamente 63% e, apesar da tendência do aumento de produção de outras fontes de energia e dos avanços tecnológicos na geração de energia a partir de outras fontes, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo a principal fonte geradora de eletricidade no Brasil por muitos anos.

FONTE: Energia hidráulica. Texto adaptado. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica>. Acesso em 30/10/2019.

As simulações computacionais.

O restante do tempo deste primeiro encontro, 40 minutos, será usado para os simuladores. O objetivo do uso das simulações computacionais é fazer uma apresentação introdutória e virtual de fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo e permitir que os estudantes realizem por conta própria experiências virtuais de física. A experimentação virtual proposta neste encontro segue a ideia de Vygotsky da mediação por símbolos icônicos, onde os estudantes irão interagir com imagens e desenhos de coisas concretas.

As diversas simulações que serão acessadas nos simuladores PhET Simulações Interativas e Física na Escola que são detalhados mais a frente, abordam conteúdos do eletromagnetismo. Nestas simulações os alunos poderão interagir com um ambiente virtual que simula experiências que são realizadas em um laboratório real. Interagindo com os simuladores o aluno terá acesso a conceitos e conhecimentos sobre: o comportamento de ímãs e eletroímãs, a representação das linhas de campo magnético, poderá observar que um eletroímã tem comportamento semelhante ao de um ímã convencional, a interação entre polos norte e sul de um ímã, terá acesso a uma bússola virtual e seu funcionamento, a representação do campo magnético da terra, poderá entender como a variação do fluxo magnético no interior de uma bobina induz uma corrente elétrica, poderá perceber a relação entre a corrente elétrica, a tensão elétrica e a quantidade de voltas da bobina, perceberá como a velocidade do ímã pode interferir na corrente induzida, poderá fazer observação da conservação da energia do sistema, poderá observar a força de Lorentz, os fenômenos físicos expressos nas Leis de Faraday, de Lenz, e de Ampère, irá interagir com simulação que demonstra a regra da mão direita, observará a atração magnética de um ímã sobre objetos constituídos por alguns tipos de metal, ferromagnetismo, perceberá o sentido do campo magnético ao redor de um condutor percorrido por corrente elétrica, a perpendicularidade entre corrente elétrica e campo magnético, observará as dinâmicas de um transformador e a relação entre as espiras e a tensão elétrica, observará o campo magnético da corrente induzida em sentido oposto ao campo magnético que originou a corrente.

PhET simulações interativas.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Física: Eletricidade, Ímãs e Circuitos. c2020. University of Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits> Acesso em 30 de ago. de 2019.

No site da Universidade do Colorado (EUA) são disponibilizados os recursos didáticos para o ensino de física e outras ciências. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 02. No

caso desta proposta as simulações se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Cada simulação/experiência está contida em um link específico.

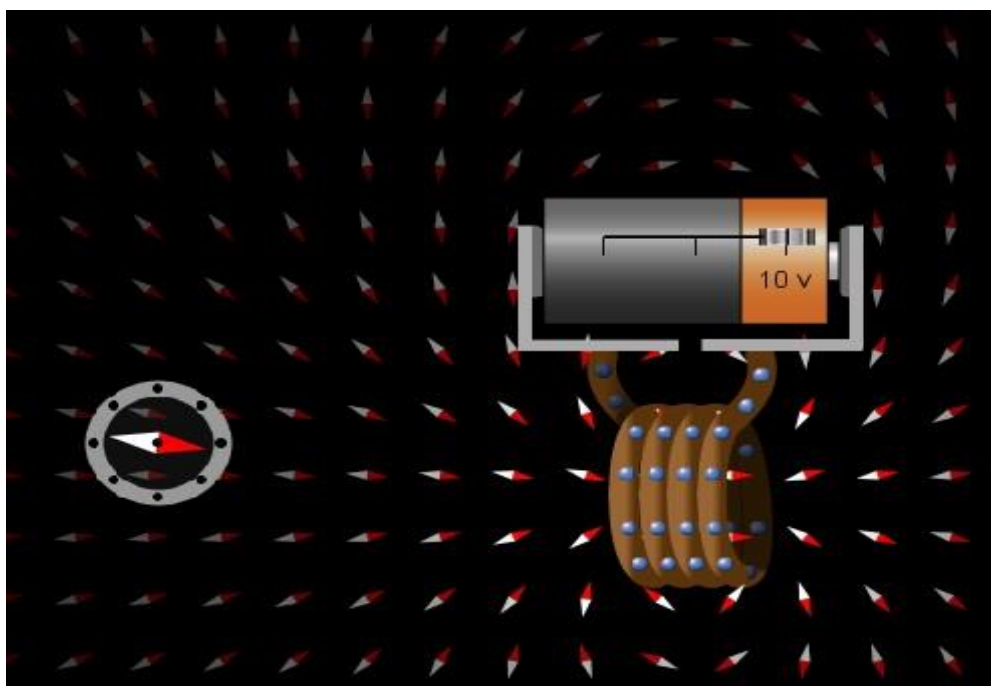
QUADRO 02 – Links de acesso aos simuladores PhET simulações interativas.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

FONTE: o próprio autor.

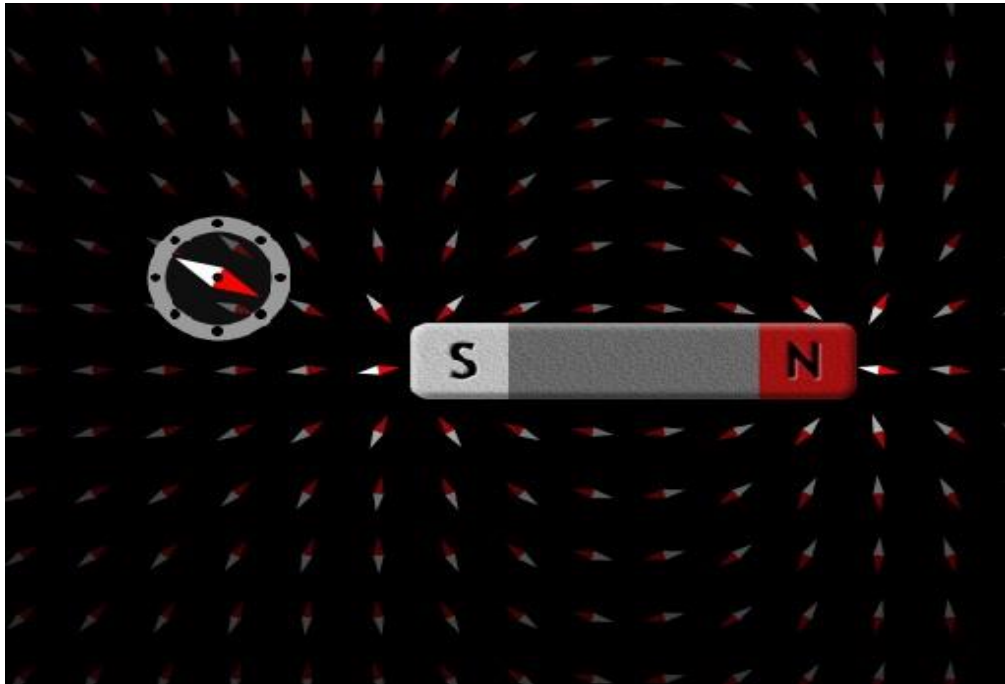
As figuras 01, 02, 03, 04, 05 e 06 são de simulações de eletromagnetismo do PhET Simulações Interativas.

FIGURA 1: Eletroímã



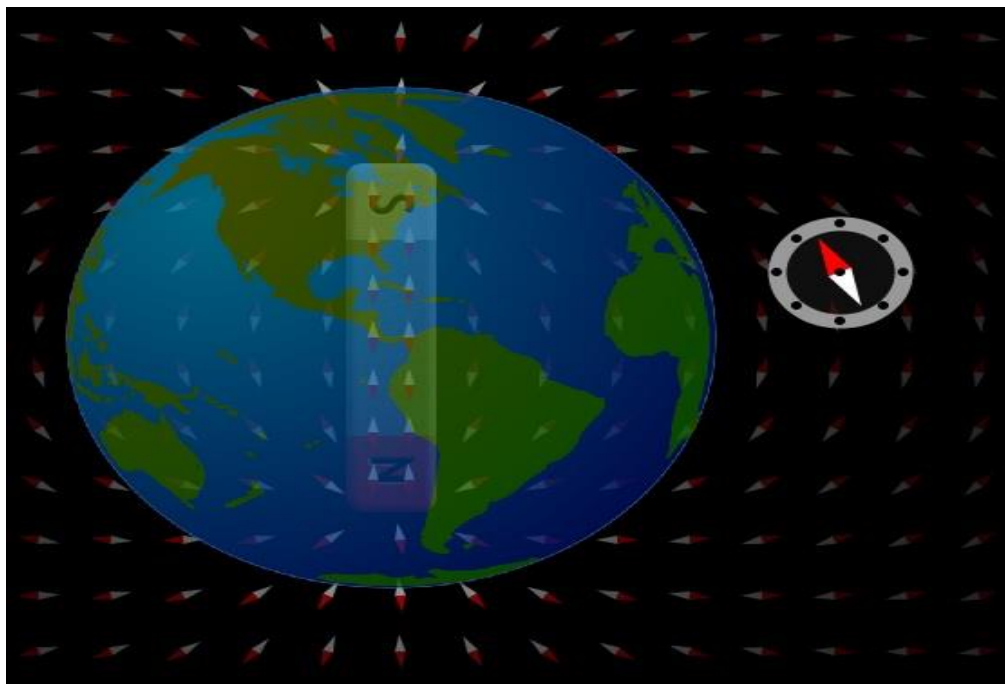
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

FIGURA 2: Ímã em barra



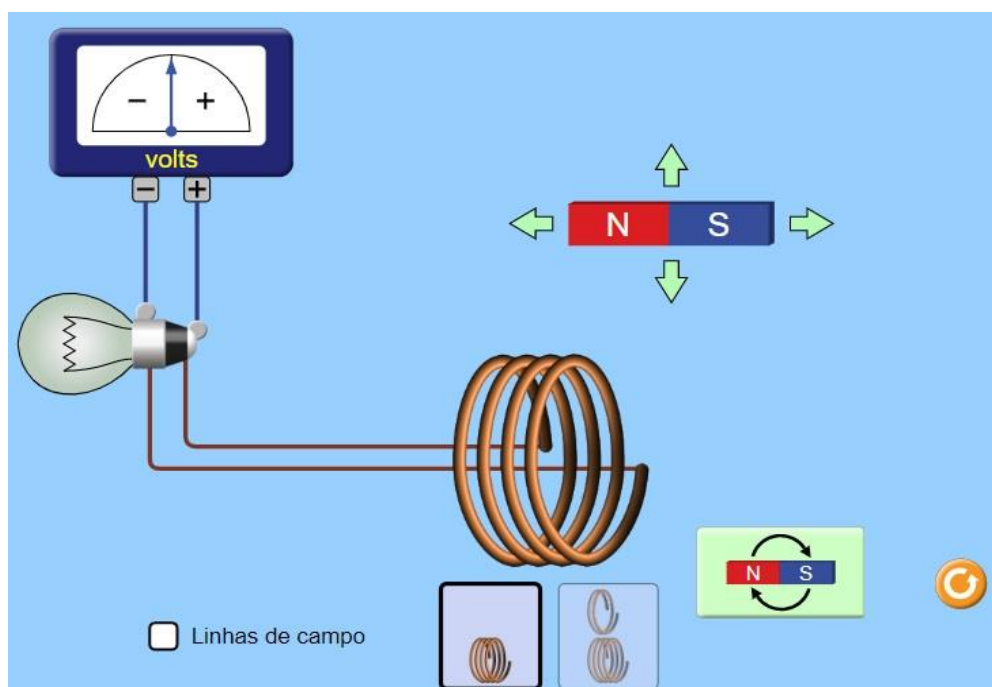
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

FIGURA 3: Ímã e bússola



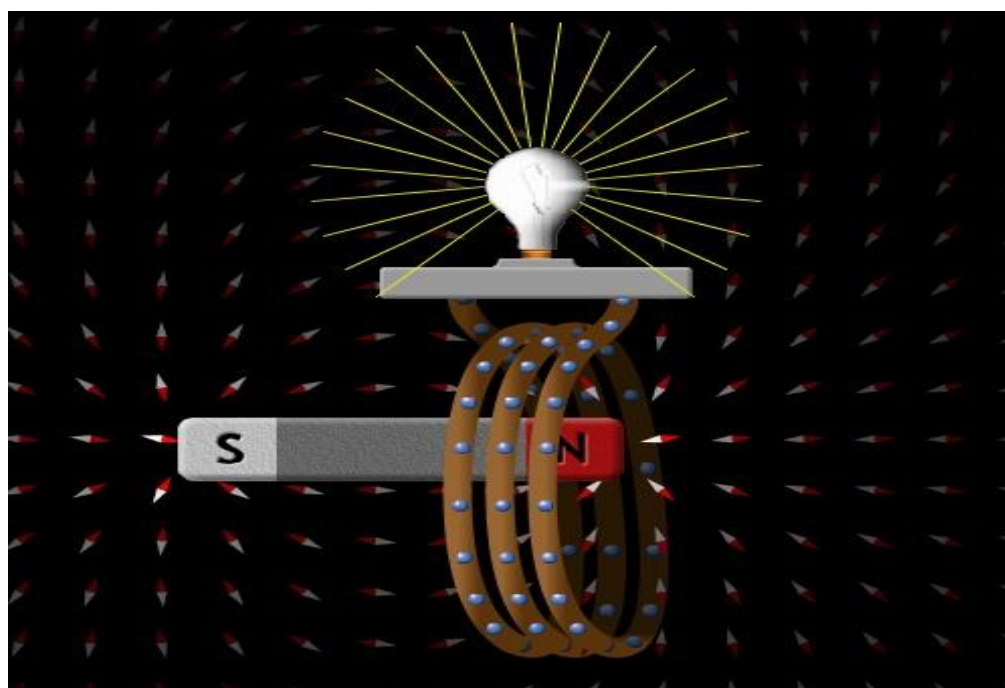
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass

FIGURA 4: Lei de Faraday



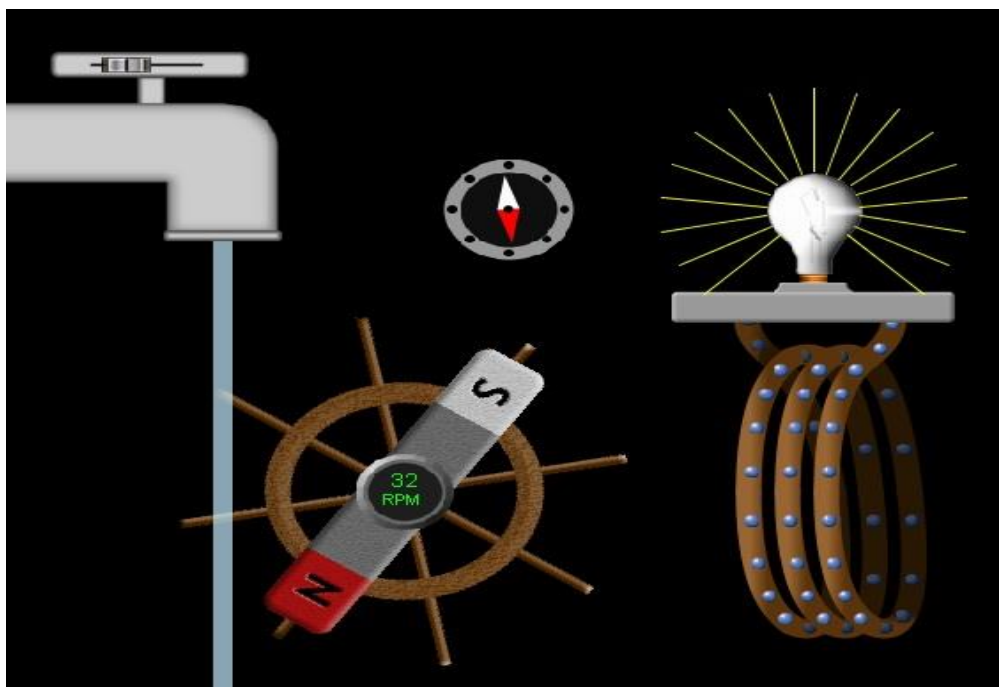
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law

FIGURA 5: Lei de Faraday



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday

FIGURA 6: Gerador



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

Física na Escola simulações.

FÍSICA NA ESCOLA HTML5. Física Animações/simulações. Página inicial. Disponível em <<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>. Acesso em 30 de ago. de 2019.

No site Física na Escola – HTML5. Física Animações/simulações são disponibilizados os recursos didáticos para o ensino de física. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 03. No caso desta proposta as simulações se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Cada simulação/experiência está contida em um link específico.

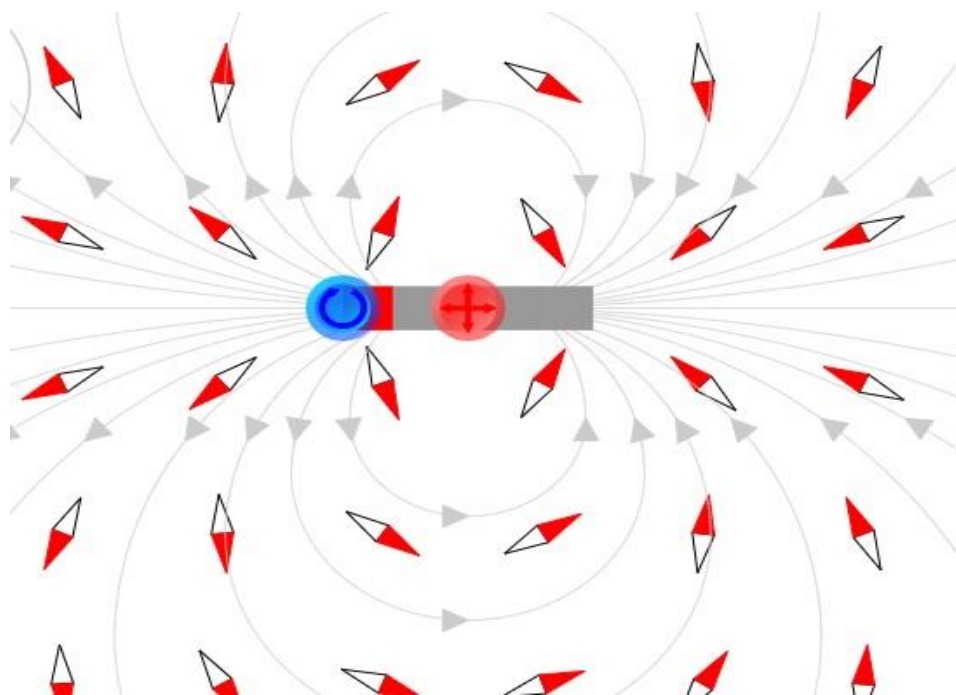
QUADRO 03 – Links de acesso aos simuladores Física na Escola.

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_vodic&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_fleming&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_ferro&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt

FONTE: o próprio autor.

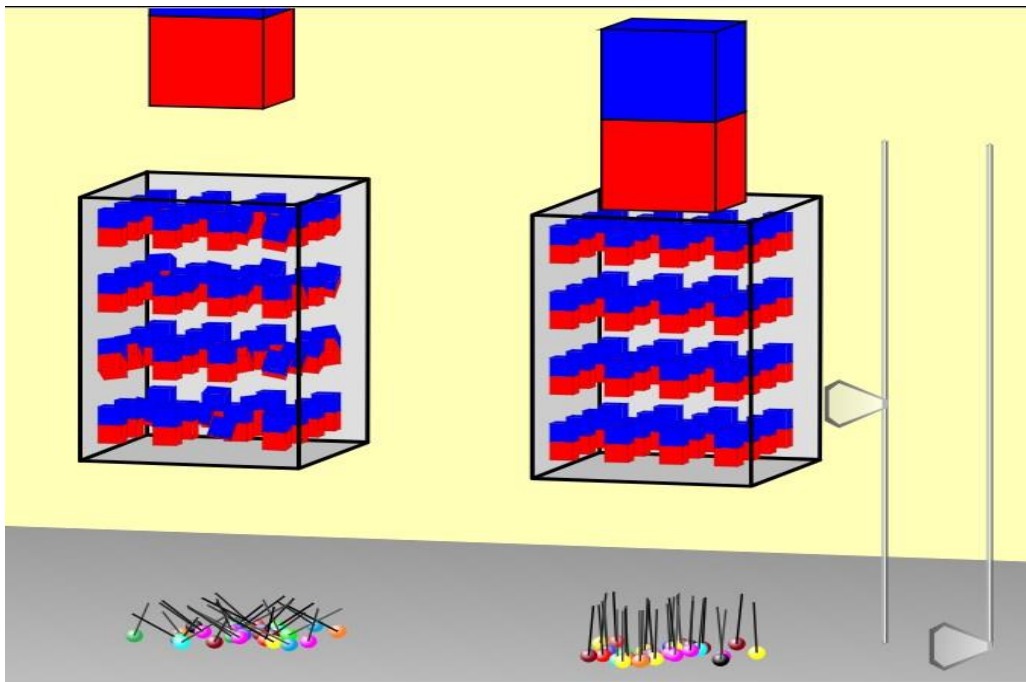
As figuras 07, 08, 09, 10, 11, 12 e 13 são de simulações de eletromagnetismo do site Física na Escola.

FIGURA 7: Ímã e linhas de campo magnético



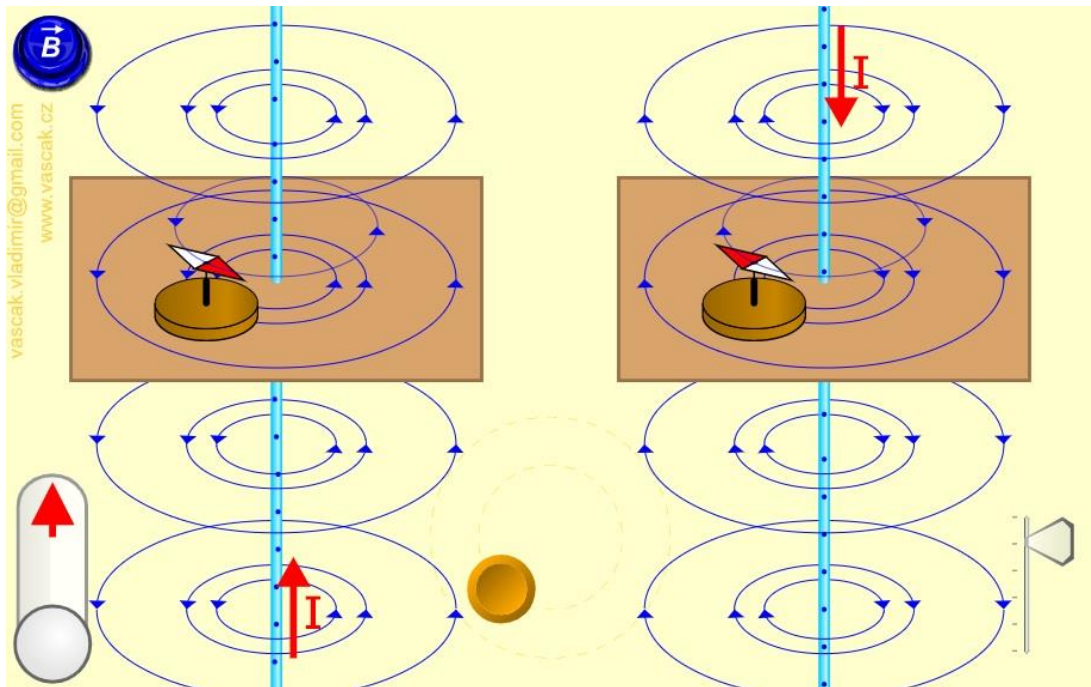
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt

FIGURA 8: Ferromagnetismo



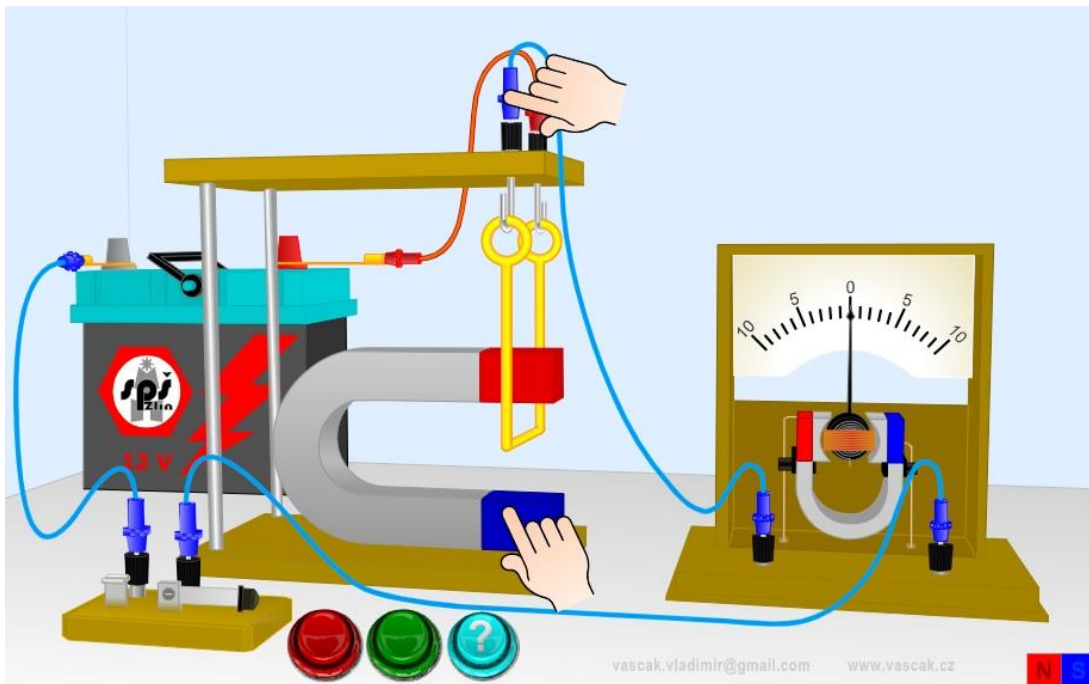
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt

FIGURA 9: A regra da mão direita.



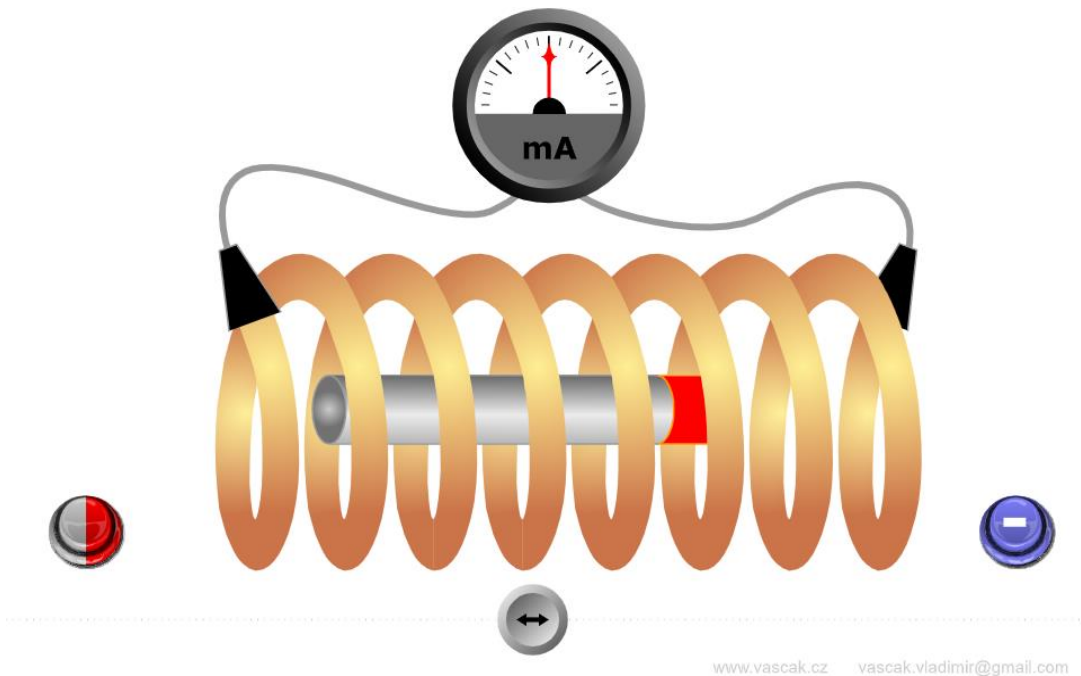
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_vodic&l=pt

FIGURA 10: Força de Lorentz/regra da mão direita.



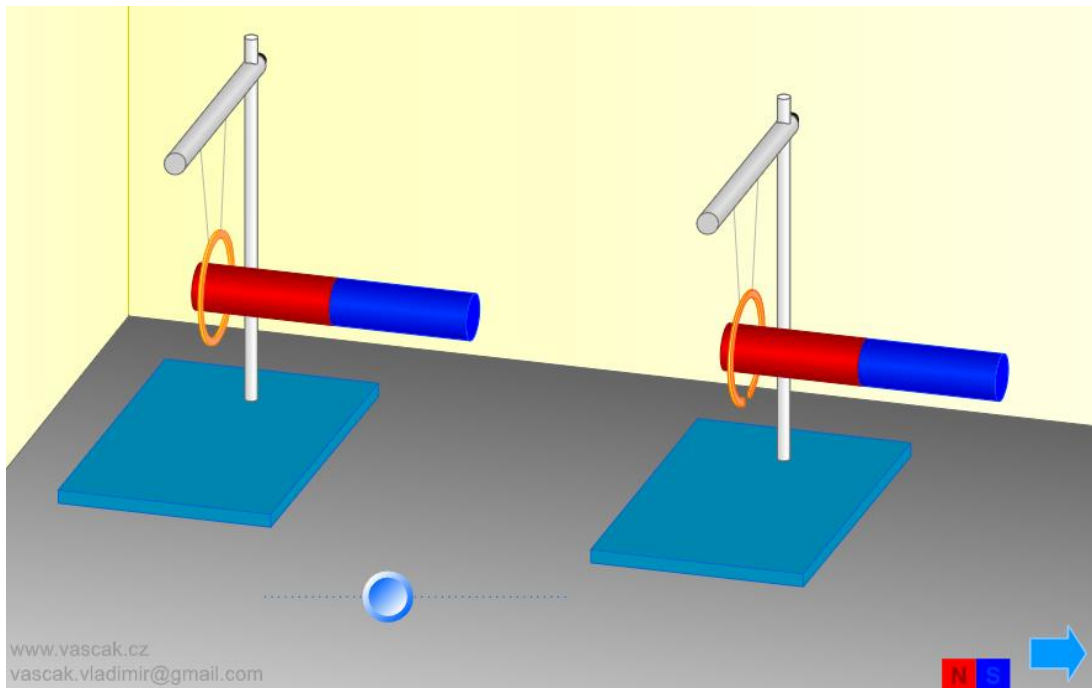
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_fleming&l=pt

FIGURA 11: A lei de Faraday.



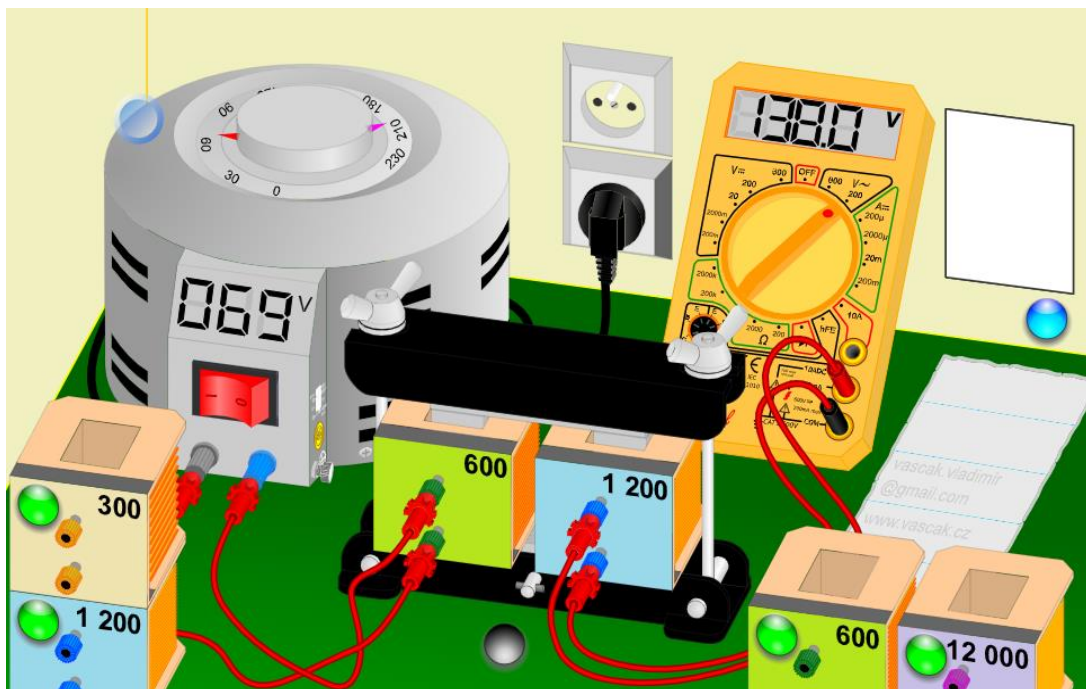
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt

FIGURA 12 - A lei de Lenz.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=pt

FIGURA 13: Transformador



FONTE: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=pt

Durante o manuseio dos computadores os alunos podem ficar livres para interagir com as simulações da forma que quiserem, devendo ser estimulados pelo professor a fazer alterações em suas variáveis e tentar fazer conexões com as ideias expostas no texto. Nestas atividades experimentais virtuais, busca-se a construção do saber científico através da interatividade com a máquina e com as muitas variáveis e possibilidades contidas nas simulações e derivadas das leis físicas exploradas nestas.

Ao final desta aula o professor deve informar aos estudantes que no próximo encontro, eles farão o manuseio de materiais e que de modo prático terão a oportunidade de montar dispositivos e realizar as mesmas experiências que foram contempladas nestas atividades virtuais ou que possuem fundamento teórico em leis físicas expostas nestas simulações.

ENCONTRO 02.

Nota introdutória para os encontros 02 e 03.

As aulas experimentais propostas neste trabalho buscam colocar o aprendiz como protagonista do processo de aprendizagem. Por este motivo, estas atividades experimentais tentem permitir que eles por si só, já tendo visto estes fenômenos físicos nos simuladores e interagindo com materiais e os demais colegas do seu grupo, construir/reproduzir os fenômenos físicos que foram abordados de modo virtual e específico através das simulações. Assim o professor inicialmente apenas irá informar aos alunos um título para a atividade prática, mas não irá propor uma sequência a ser seguida ou um roteiro de prática experimental, ele deixará a disposição dos estudantes os materiais necessários para a realização das práticas e ao invés de dar um roteiro pronto ele deve questionar os estudantes sobre os fenômenos físicos que permeiam a atividade experimental, tentando levar os alunos a aprender inclusive quando errarem, deixando que eles percebam a evolução do conhecimento e perceber que a repetição de um modelo pronto não provoca necessariamente a compreensão de certo fenômeno.

Para as atividades que ocorrerão nestes encontros, é necessário que o professor antecipadamente construa e realize os experimentos, para que ele possa compreender a execução e o passo a passo de cada atividade, para que

após as tentativas de realização dos experimentos pelos estudantes possa questionar ou levá-los a formular seus próprios questionamentos acerca do sucesso ou não da execução de cada experimento e sobre os princípios físicos contidos neles e também possa auxiliá-los em caso de dúvida ou de problemas no decorrer das experiências. Recomenda-se também que antecipadamente, o professor construa e deixe prontas as bobinas de cobre e as bases de madeira que serão utilizadas nos encontros 02 e 03.

Experiência 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

Nele pretende-se levar os alunos a montarem o aparato que demonstra a Força de Lorentz. O fenômeno explica como partículas carregadas com carga q e velocidade v na presença de campos magnéticos sofrem a ação de forças magnéticas, e o experimento ainda pode ser usado para fixar as ideias da regra da mão direita.

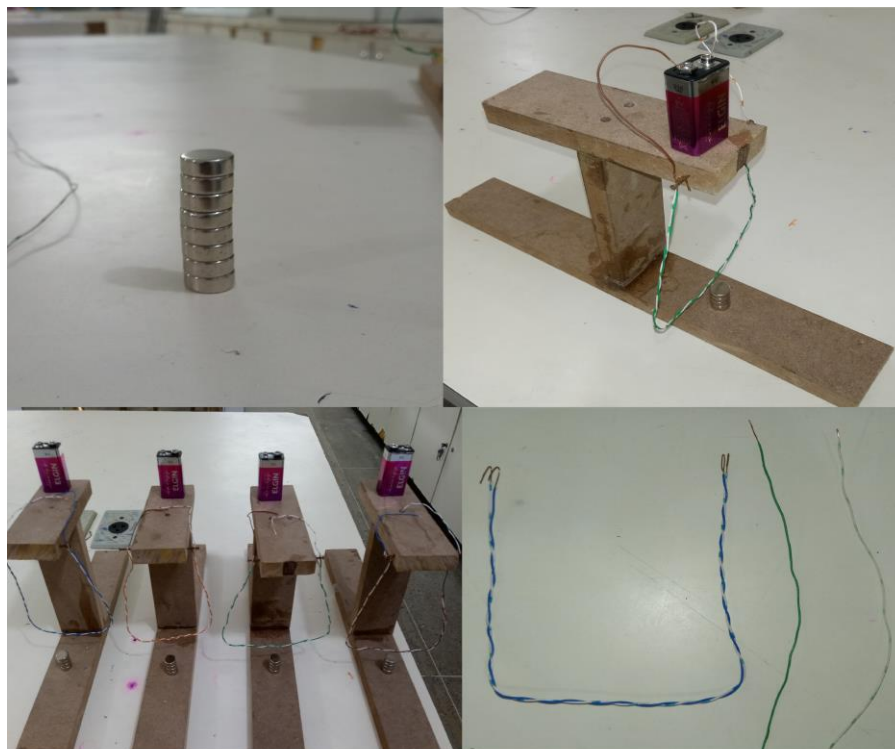
A tarefa consiste de um suporte feito em madeira, sobre o qual será colocada uma bateria de 9,0 V, que terá conectada aos seus dois terminais um pedaço de fio que será percorrido pela corrente elétrica. Este fio será colocado próximo a um conjunto de ímãs de neodímio. A verificação da existência da força de Lorentz se dará pela interação entre as cargas em movimento no fio e o campo magnético dos ímãs de neodímio. Na situação uma força será aplicada sobre o fio fazendo-o sofrer uma deflexão de sua posição de original de repouso.

Os alunos devem ser divididos em grupos com no máximo cinco pessoas e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais que estão listados a seguir, mas sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores que os estudantes já devem ter manuseado e é possível que eles o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o ocorrido no experimento.

Para esta experiência que apresenta a Força de Lorentz e a regra da mão direita, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 14 e 15.

1. Quatro Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Devem ser construídas/montadas pequenas estruturas em madeira ou material similar (uma para cada grupo). Nestas estruturas serão colocados o fio, a bateria e os ímãs.
3. Aproximadamente 3,00 m de fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede) (60 cm de fio para cada equipe). Os pedaços de fio devem ser cortados em duas peças de 20 cm cada e ser moldado em formato de U, serem colocados próximo dos ímãs e também serem conectados às baterias de 9,0 V com pedaço de fio que sobra.
4. Uma bateria de 9,0 V para cada grupo.

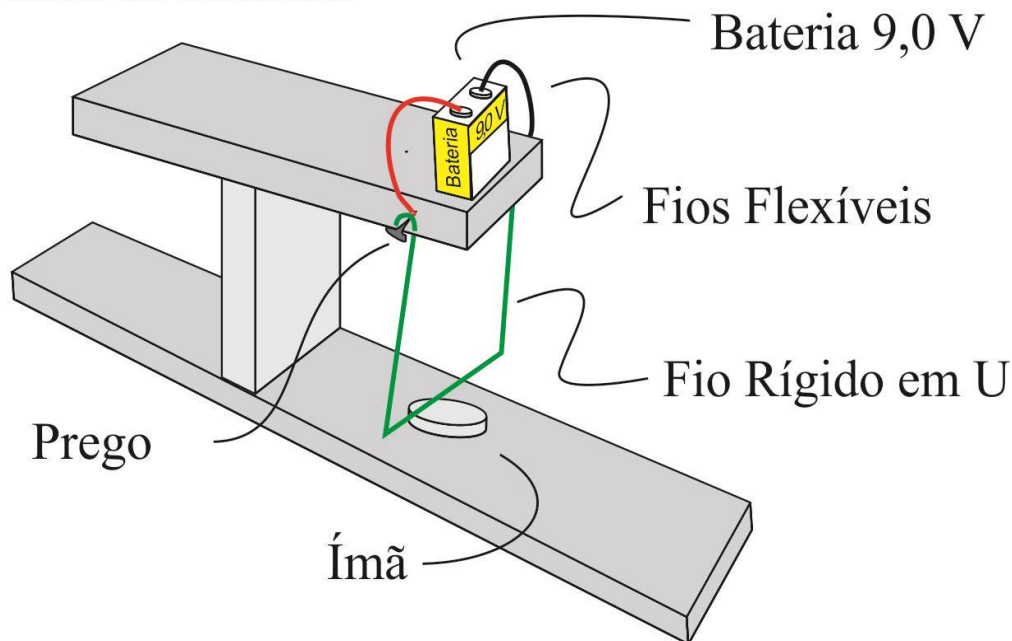
FIGURA 14 - Materiais para experiência da força de Lorentz.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 15 – Figura esquemática de materiais para experiência da força de Lorentz.

Suportes de Madeira



FONTE: O próprio autor.

Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Após a execução da experiência pelos estudantes o professor pode junto com a turma realizar novamente a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

Para a realização do experimento deve se conectar os terminais da bateria nos pregos fixados na base de madeira. Também nestes pregos devem ser fixadas as duas pontas do pedaço de fio de rede RJ 45 que deve ser moldado em formato de U (ele é a bobina) e colocar abaixo do U (fio) os ímãs. O resultado esperado é que o fio de rede RJ 45 sofra uma deflexão de sua posição de repouso de modo a se afastar do conjunto de ímãs deixando assim evidente a ação da Força de Lorentz.

Experiência 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Nele pretende-se levar os alunos a construir o aparato que demonstra a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, que afirma que a variação do fluxo magnético em uma bobina, gera um campo elétrico associado a uma voltagem que por consequência produz uma corrente elétrica induzida. O experimento consiste na construção e manuseio de um pequeno transformador de energia cinética em energia elétrica usando os materiais disponibilizados. Acionado manualmente este dispositivo permitirá aos alunos a realização do fenômeno da indução eletromagnética e sua observação através do LED. Os alunos devem ser divididos em grupos com quatro ou cinco pessoas e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais listados e ilustrados a seguir sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores e é possível que os alunos o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento de tais dispositivos.

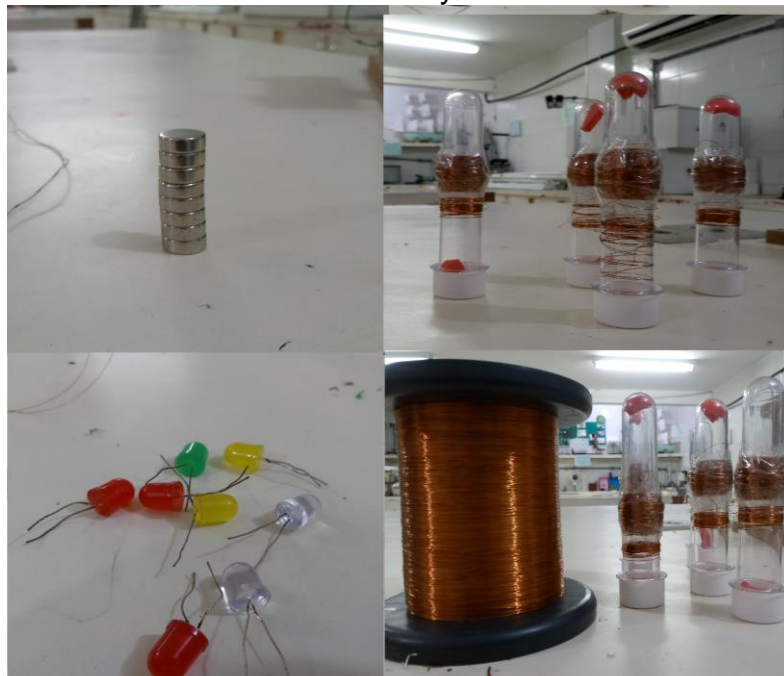
Para esta experiência que aborda a Lei da Indução eletromagnética de Faraday e o gerador eletromagnético, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 16 e 17.

1. 4 Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um para cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que

compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma para cada equipe) com 500 voltas.

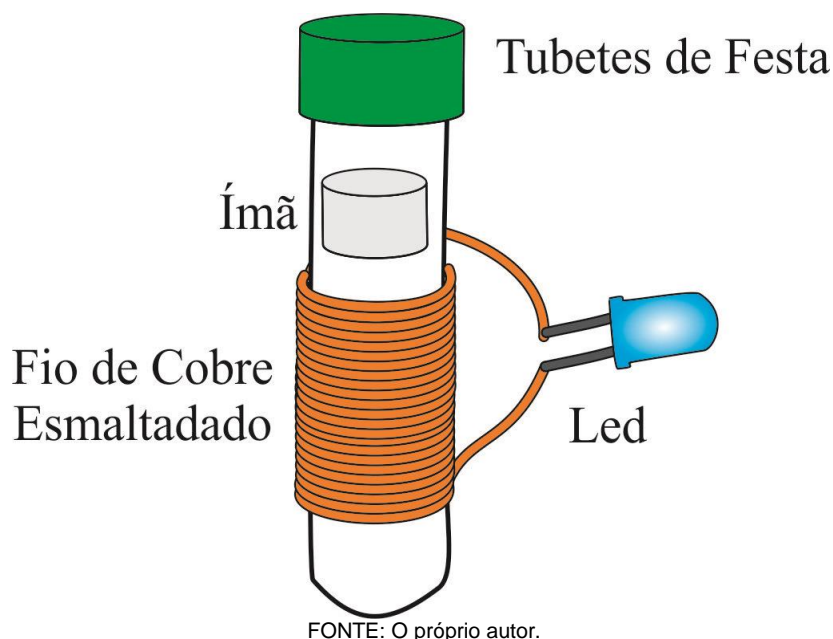
4. LED's difuso (2 para cada equipe) de 5 mm.
5. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo). As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.

FIGURA 16 – Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 17 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.



Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência e moderar as discussões. Para a realização do experimento deve se conectar os terminais da bobina com os terminais do LED através de emenda ou por contato simples. Devem-se inserir os quatro ímãs de neodímio no interior do tubo cilíndrico transparente e agitar este, fazendo movimento de vai e vem, de modo que o conjunto de ímãs percorra o interior do tubo cilíndrico transparente. O resultado esperado é que o LED comece a piscar enquanto ocorrer o movimento dos ímãs entrando e saindo da bobina (Caso não ocorra deve-se inverter a polaridade dos LED's). Caso seja possível, deve-se fazer a conexão dos terminais da bobina com o LED através de solda de estanho. É recomendado ainda que seja colocado no fundo do tubo transparente um pedaço de borracha para que o choque dos ímãs com a parte interna do tubo não venha a danificá-los. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias

sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

ENCONTRO 03.

Experiência 03 – Levitação magnética.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

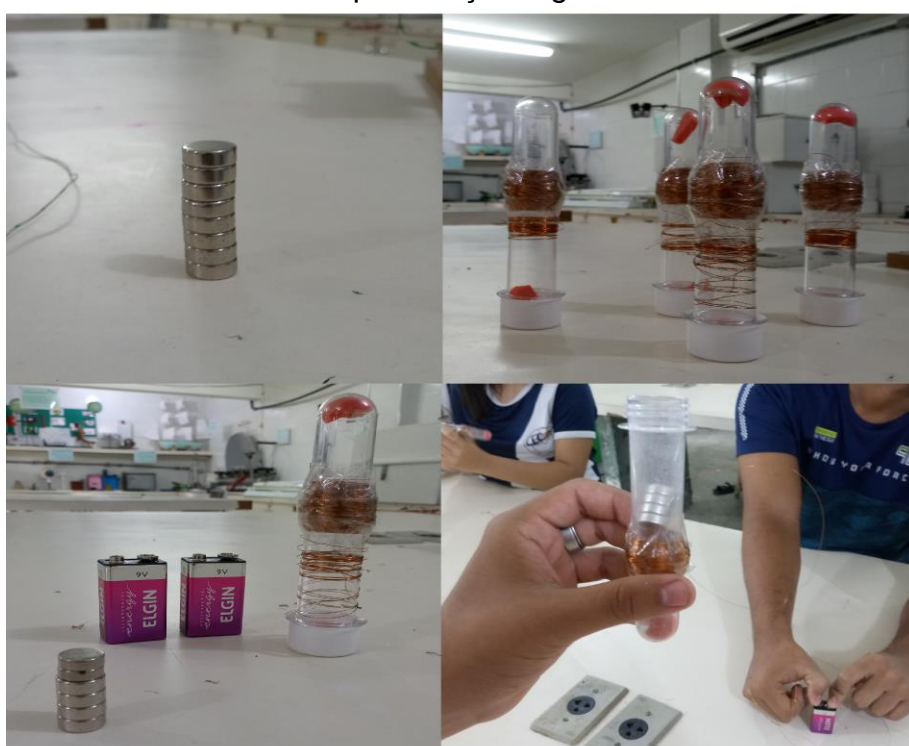
Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os alunos a construir outro aparato que também apresenta a Lei de Ampère que relaciona a corrente elétrica que atravessa um circuito com a circulação sobre este mesmo circuito de um campo magnético gerado por esta corrente e também demonstrar a interação do campo magnético produzido pela corrente elétrica que percorre a bobina com o campo magnético de um ímã permanente. Neste experimento será verificada a levitação magnética derivada da interação de um ímã permanente e um eletroímã.

Para esta experiência que também aborda a Lei de Ampère e demonstra a levitação magnética, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 18 e 19.

1. 2 ou 3 Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um para cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma para cada equipe) com 500 espiras.

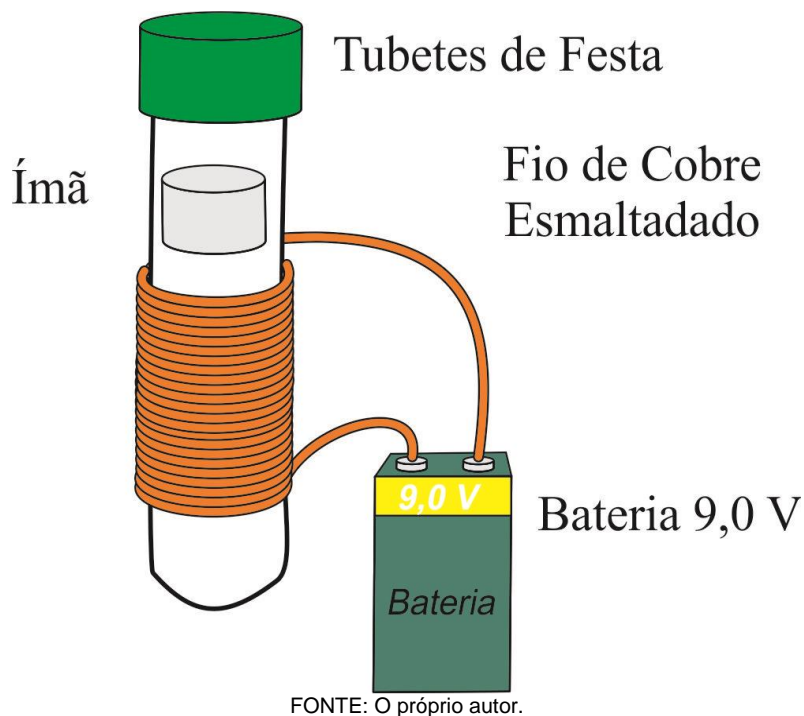
4. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo). As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.
5. Baterias de 9,0 V (uma para cada equipe).

FIGURA 18 – Materiais para a segunda experiência da levitação magnética/lei de ampère/força magnética.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 19 – Figura esquemática de materiais para a segunda experiência da levitação magnética/lei de ampère/força magnética.



Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Inicialmente deve-se conectar um dos terminais da bobina em um dos terminais da bateria de 9,0 V. Em seguida inserir três ímãs de neodímio agrupados, no interior do tubo cilíndrico transparente que deve estar na posição horizontal, exatamente no centro da bobina, e depois se deve ligar o outro terminal da bobina no terminal livre da bateria de 9,0 V. Neste caso duas situações são possíveis e vão depender da polaridade dos ímãs e da polaridade do campo magnético gerado pela corrente na bobina:

Situação 01- Os ímãs serão expulsos do interior da bobina logo que ela seja conectada à pilha; Isto acontece devido à interação entre o campo magnético dos ímãs e o campo magnético secundário gerado na bobina. Neste caso os polos dos campos magnéticos estarão na situação norte/norte ou sul/sul.

Ou

Situação 02 - Eles ficarão presos no interior da bobina logo que ela seja conectada às pilhas. Isto acontece devido à interação entre o campo magnético

dos ímãs e o campo magnético secundário gerado na bobina. Neste caso os polos dos campos magnéticos estarão na situação norte/sul ou sul/norte.

Nesta segunda situação é possível verificar esta atração forte do conjunto ímãs/bobina, colocando o tubo cilíndrico transparente na posição vertical e observando que o conjunto de ímãs fica suspenso “levitando” no interior da bobina preso por uma força de atração magnética que supera o efeito gravitacional da terra. Para se oscilar entre os efeitos de expulsão do conjunto de ímãs e prisão do mesmo à bobina, basta que se faça a inversão de polaridade da bobina na bateria de 9,0 V. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

Experiência 04 – Freio magnético.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

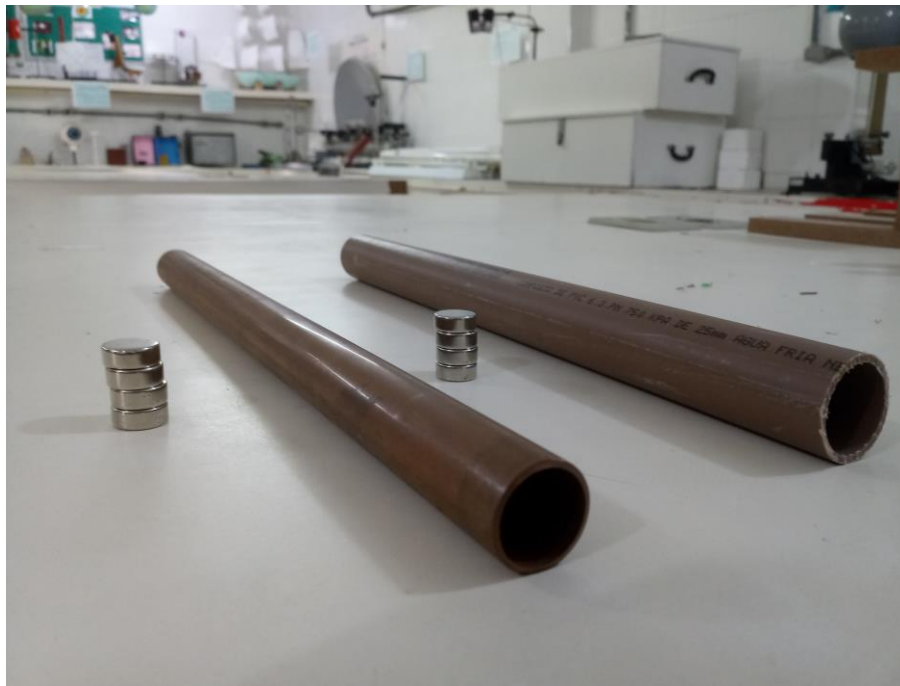
Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os estudantes novamente montar um aparato experimental que reproduza a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday acrescido da Lei de Lenz que também é conhecido como freio magnético. A Lei de Lenz afirma que o campo magnético gerado pela corrente induzida na bobina é tal que se opõe à variação do fluxo magnético que o originou. Outro objetivo desta aula é atestar a existência das correntes de Foucault, que são correntes que aparecem em blocos metálicos na forma de corrente induzida e que neste caso, serão as responsáveis pela dissipação da energia potencial gravitacional dos ímãs. Este experimento não é ilustrado nos simuladores, mas é possível que os alunos o façam com facilidade uma vez que para sua realização basta apenas fazer cair o ímã dentro dos canos, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento e o resultado desta experiência.

Para esta experiência que aborda a Lei da Indução eletromagnética de Faraday, a Lei de Lenz e as correntes de Foucault através do freio magnético,

os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados na figura 20 e 21.

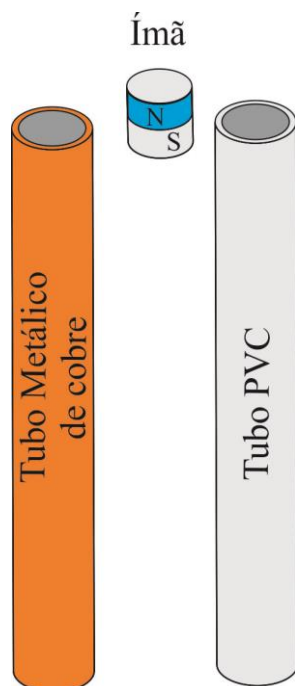
1. No mínimo 6 ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Cano de cobre ou alumínio com 30 cm de comprimento e diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada e cano de PVC de qualquer cor com 30 cm de comprimento e diâmetro $\frac{3}{4}$ de polegada.

FIGURA 20 – Materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday, lei de Lenz e correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 21 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday, lei de Lenz e correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Os ímãs devem ser soltos em queda livre na parte superior dos dois canos simultaneamente (dois ou três ímãs em cada cano) e deve ser observado que os ímãs que primeiro chegam ao fim do cano são os ímãs que estão no cano de PVC com conseqüente retardo na queda dos ímãs que estão no cano metálico. O retardo que acontece no tempo de queda dos ímãs do cano de cobre/alumínio, se deve as interações entre o campo magnético primário que é o campo magnético dos ímãs de neodímio e o campo magnético secundário. A queda dos ímãs e a conseqüente variação de fluxo magnético geram uma corrente elétrica induzida no cano de metal (Correntes de Foucault). Esta corrente induzida também gera seu campo magnético (campo magnético secundário) que, conforme afirma a Lei de Lenz, é oposto ao campo magnético dos ímãs permanentes. Esta oposição dos campos magnéticos,

primário e secundário, provoca uma força resistência ao movimento de queda dos ímãs dilatando seu tempo de queda e demonstrando a lei de Lenz. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

ENCONTRO 04.

Aplicação de teste.

Objetivo do encontro: Fazer uma avaliação de aprendizagem dos conteúdos explorados por meio das atividades desenvolvidas.

Neste último encontro, os estudantes responderão a um questionário para fins de avaliação da aprendizagem dos conteúdos explorados durante a aplicação do produto educacional. Este teste deve ser respondido individualmente e os estudantes terão o tempo de 50 minutos para fazê-lo.

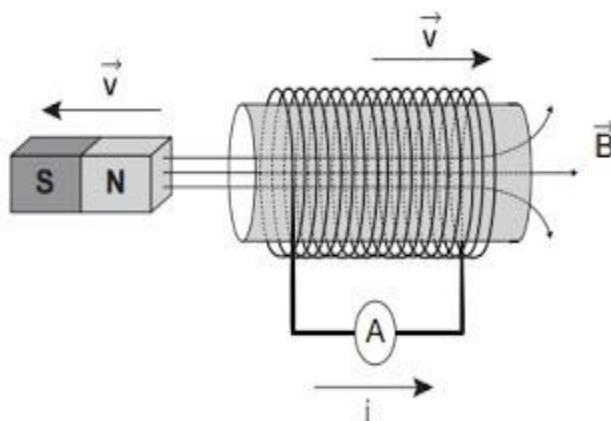
QUESTIONÁRIO

1. (UFRS - Adaptada) Um fio metálico conduz uma corrente elétrica i , em uma região onde existe um campo magnético uniforme B proveniente de um ímã. Devido a este campo magnético, o fio fica sob o efeito de uma força de módulo F , cuja direção é perpendicular ao fio e à direção B . Cite exemplos de alguns dispositivos que têm seu funcionamento baseado neste princípio.

2. A lei de Ampère relaciona a corrente elétrica que através de um circuito, com a circulação neste circuito, de um campo magnético B gerado pela própria corrente. Esta relação foi detectada pela primeira vez pelo físico Hans Christian Oersted, através de uma experiência onde se observou uma interação entre

um fio metálico e uma bússola. Explique o fato curioso ocorrido nesta experiência.

3. (ENEM 2014 - Adaptada) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura:



Descreva um esquema com outra possibilidade de movimento da espira e do ímã a fim de obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais.

4. (UFSC - Adaptada) No início do período das grandes navegações europeias, as tempestades eram muito temidas. Além da fragilidade dos navios, corria-se o risco de ter a bússola danificada no meio do oceano. Como pode ser explicada a ação de uma descarga atmosférica sobre uma bússola?

5. (UFSCAR - Adaptada) No final do século XIX, uma disputa tecnológica sobre qual a corrente elétrica mais adequada para transmissão e distribuição da energia elétrica, gerada em usinas elétricas, tornou clara a vantagem do uso da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Um dos fatores decisivos para essa escolha foi à possibilidade da utilização de transformadores na rede de distribuição de eletricidade. Os transformadores podem aumentar ou diminuir a tensão a eles fornecida, permitindo a adequação dos valores da intensidade da corrente transmitida e reduzindo perdas por efeito Joule, mas só funcionam em corrente alternada. Como o funcionamento dos transformadores é explicado?

6. Segundo a Lei de Lenz, qualquer corrente induzida tem um sentido tal que o campo magnético que ela gera se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu. Matematicamente a Lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo que aparece na equação da Lei de Faraday:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

A lei de Lenz está diretamente associada à conservação de energia. Estas correntes induzidas podem dissipar a energia de um sistema. Assinale V para verdadeiro e F para falso.

- () Nem todos os dispositivos baseados na lei da indução de Faraday obedecem ao princípio da conservação da energia.
- () As correntes dissipadas em alguns sistemas de indução eletromagnética são conhecidas como correntes de Foucault.
- () O freio magnético é uma situação onde a corrente induzida dissipa a energia do sistema.
- () A lei de Lenz complementa a lei de Faraday ao garantir que a energia elétrica produzida em um gerador por indução eletromagnética é proveniente da energia mecânica primária daquele sistema.

7. (UFRS - Adaptada) Preencha corretamente as lacunas no texto abaixo.

Materiais com propriedades magnéticas especiais têm papel muito importante na tecnologia moderna. Entre inúmeras aplicações, podemos mencionar a gravação e a leitura magnéticas, usadas em fitas magnéticas e discos de computadores. A ideia básica na qual se fundamenta a leitura magnética é a seguinte: variações nas intensidades de campos....., produzidos pela fita ou pelo disco em movimento, induzem.....em uma bobina existente no cabeçote de leitura, dando origem a sinais que são depois amplificados.