



tt

Eletromagnetismo em máquinas elétricas: Uma proposta de sequência didática.

Cristian Rogério Guidotti Aguiar

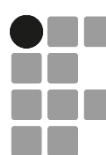
Marcos André Betemps Vaz da Silva

Cristiano da Silva Buss



PPGCITED

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
E TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL

Sul-rio-grandense

Câmpus

Pelotas - Visconde da Graça

Ficha Técnica

Autores

Cristian Rogério Guidotti Aguiar

Marcos André Betemps Vaz da Silva

Cristiano da Silva Buss

Design

Equipe Proedu



Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons* Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional

Este template é uma cooperação entre Proedu
(proedu.rnp.br) e PPGCITED

Sumário

Ficha Técnica	2
Introdução	5
Primeiro Encontro	8
A.1 Atividade Experimental Demonstrativa I – Campo Magnético de um Ímã Permanente.	8
A.1.1 Objetivo	8
A.1.2 Problematização Inicial	8
A.1.3 Organização do Conhecimento	8
A.1.4 Aplicação do Conhecimento	10
A.2 Atividade Experimental Demonstrativa II – Experiência de Oersted	11
A.2.1 Objetivo	11
A.2.2 Problematização Inicial	11
A.2.3 Organização do Conhecimento	11
A.2.4 Aplicação do Conhecimento	14
A.3 Atividade Experimental Demonstrativa III – Campo Eletromagnético de uma Espira Circular ou de uma Bobina Longa.....	15
A.3.1 Objetivo	15
A.3.2 Problematização Inicial	15
A.3.3 Organização do Conhecimento	15
A.3.4 Aplicação do Conhecimento	18
Segundo Encontro	19
B.1 Atividade Experimental Demonstrativa IV – Balanço Eletromagnético	19
B.1.1 Objetivo	19
B.1.2 Problematização Inicial	19
B.1.3 Organização do Conhecimento	19
B.1.4 Aplicação do Conhecimento	21
B.2 Atividade Experimental Demonstrativa V – Torque Eletromagnético.....	22
B.2.1 Objetivo	22
B.2.2 Problematização Inicial	22
B.2.3 Organização do Conhecimento	22
B.2.4 Aplicação do Conhecimento	24
Terceiro Encontro	25
C.1 Atividade Experimental Demonstrativa VI – Força Eletromotriz Induzida – Bobina.....	25
C.1.1 Objetivo.....	25
C.1.2 Problematização Inicial.....	25
C.1.3 Organização do Conhecimento	25
C.1.4 Aplicação do Conhecimento	27
C.2 Atividade Experimental Demonstrativa VII – Indução Eletromagnética I – Lata	28
C.2.1 Objetivo.....	28

C.2.2	Problematização Inicial	28
C.2.3	Organização do Conhecimento	28
C.2.4	Aplicação do Conhecimento	30
C.3	Atividade Experimental Demonstrativa VIII – Indução Eletromagnética II – Tubo de Cobre.....	31
C.3.1	Objetivo.....	31
C.3.2	Problematização Inicial.....	31
C.3.3	Organização do Conhecimento	31
C.3.4	Aplicação do Conhecimento	33
C.4	Atividade Experimental Demonstrativa IX – Indução Eletromagnética III – Anel de Thomson.....	34
C.4.1	Objetivo.....	34
C.4.2	Problematização Inicial.....	34
C.4.3	Organização do Conhecimento	34
C.4.4	Aplicação do Conhecimento	36
Quarto Encontro	37
D.1.1	Objetivo.....	37
D.1.2	Problematização Inicial.....	37
D.1.3	Organização do Conhecimento	37
D.1.4	Aplicação do Conhecimento	40
Quinto Encontro	41
E.1.1	Objetivo.....	41
E.1.2	Problematização Inicial.....	41
E.1.3	Organização do Conhecimento	41
E.1.4	Aplicação do Conhecimento	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

Introdução

Caríssimo(a) professor(a),

Este Produto Educacional é resultado da proposição de dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias em Educação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Câmpus CaVG, intitulada Eletromagnetismo em Máquinas Elétricas: Uma Proposta de Sequência Didática.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de sequência didática amparada numa metodologia que contribua com ensino do eletromagnetismo, através de atividades experimentais demonstrativas, fundamentadas na teoria sócio-histórica-cultural de Vygotsky, para a disciplina de Máquinas Elétricas, do Curso Técnico Integrado em Automação Industrial no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Câmpus Camaquã. Entendemos que esta proposta também pode ser utilizada para o ensino de Eletromagnetismo no Ensino Médio, caso se tenha a intenção de debater os tópicos de Eletromagnetismo aplicados em Máquinas Elétricas. Também pode-se utilizar parte desta proposta, para discutir especificamente um tópico, pois as atividades são tratadas de forma independentes, mas com conceitos prévios necessários para o seu desenvolvimento, que cabe ao professor que for utilizar fazer os ajustes e adaptações necessárias.

Por se tratar de uma proposta de sequência didática, não são apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento das atividades, pois esta ação cabe ao professor desenvolver a partir do material que utiliza em suas aulas.

Como apoio as atividades experimentais demonstrativas, serão utilizados os Três Momentos Pedagógicos elaborados por Delizoicov e Angotti, auxiliando o docente na interpretação dos saberes prévios dos discentes, com a finalidade de mediar e orientar as argumentações provenientes dos experimentos.

Nessa perspectiva, a sequência didática será dividida por encontros, sendo esses, divididos em experimentos. Cada experimento será constituído por: objetivos, pergunta norteadora da problematização inicial, emprego do conteúdo, ou seja, a organização do conhecimento e pergunta final consistindo na aplicação do conhecimento.

Sabendo que os conceitos abordados no Eletromagnetismo são abstratos e de difícil compreensão, esse produto educacional propõe um processo metodológico alternativo, criando possibilidades no sentido de tentar reduzir as dificuldades dos discentes e, ao mesmo tempo, aumentando o interesse na disciplina em questão.

A seguir apresentamos a organização geral desta sequência, com os tópicos abordados em cada um dos encontros propostos. Para facilitar a visualização e organização do documento, cada encontro terá um tempo previsto de duas horas-aulas e será nominado por letra (A para a primeira aula, B para a segunda e assim sucessivamente). As atividades experimentais de cada aula, serão numeradas (A1, A2, B1, B2, ...).

Quadro A.1 – Organização da Sequência Didática

Encontros	Tempo Previsto / Experimento(s)	Objetivo(s)
<p>Primeiro (A)</p>	<p>2 aulas (A1, A2 e A3)</p>	<p>Visualizar a existência de campo magnético, de um ímã permanente, por meio da representação das suas linhas de indução magnética.</p> <p>Identificar a existência do campo eletromagnético toda vez que um condutor é percorrido por corrente elétrica.</p> <p>Verificar a capacidade que uma bobina longa tem de concentrar as linhas de campo magnético.</p>
<p>Segundo (B)</p>	<p>2 aulas (B1 e B2)</p>	<p>Observar a interação entre o campo magnético de um ímã permanente e o campo eletromagnético gerado por cargas em movimento.</p> <p>Observar a torção sofrida por uma bobina, imersa num campo magnético, fixada a um eixo de rotação.</p>

Terceiro (C)	2 aulas (C1, C2, C3 e C4)	Visualizar o fenômeno da indução eletromagnética numa bobina pela variação do fluxo magnético, bem como, o efeito numa lata sobre a água. Observar o fenômeno da indução eletromagnética num tubo de cobre, assim como, num anel de alumínio por meio da levitação.
Quarto (D)	2 aulas (D1)	Demonstrar a construção e observar o princípio de funcionamento do motor de indução.
Quinto (E)	2 aulas (E1)	Demonstrar a construção e observar o princípio de funcionamento do motor de corrente contínua.

Fonte: Autor

A.1.1 Objetivo

Primeiro Encontro

A.1 Atividade Experimental Demonstrativa I – Campo Magnético de um Ímã Permanente

Visualizar a existência de campo magnético, de um ímã permanente, por meio da representação das suas linhas de indução magnética.

A.1.2 Problematização

O que é campo magnético?

A.1.3 Organização do Conhecimento

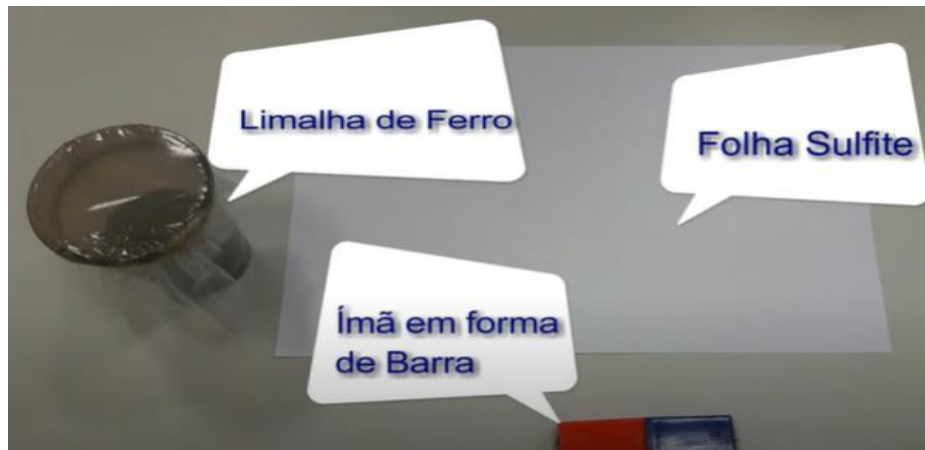
Neste encontro, pensamos ser importante salientar as principais características do campo magnético, identificando suas propriedades e principalmente evidenciando que as características magnéticas estão totalmente vinculadas às cargas elétricas em movimento. É fundamental estabelecer a compreensão das linhas de indução do campo magnético e evidenciar as características do campo magnético da Terra, salientando o funcionamento da bússola.

A partir dos debates estabelecidos em aula, o docente pode demonstrar o experimento do Campo Magnético de um Ímã Permanente.

Atividade Experimental Demonstrativa I – Campo Magnético de um Ímã Permanente
--

O procedimento experimental em questão permite observar a existência do campo magnético pela visualização de suas linhas de indução magnética.
--

Figura 1 – Imagem dos Materiais



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=yja14-g56m0>

Materiais Utilizados

- 01 ímã em forma de barra ou de HD de computador
- 01 ímã de alto-falante (circular)
- 01 folha de papel manteiga ou ofício
- 50 gramas de limalha de ferro

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Coloque o ímã sobre uma superfície (mesa).
- 2º Pegue a folha de papel e coloque sobre o ímã.
- 3º Espalhe, sobre a folha de papel, a limalha de ferro.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Após a montagem do experimento, movimente suavemente a folha de papel para esquerda e para direita, com a finalidade de posicionar a limalha de ferro, conforme as linhas de campo magnético.

Passo 2 – Descanse a folha de papel sobre o ímã, novamente.

Passo 3 – Peça aos alunos para que observem a representação visual das linhas de campo magnético.

Passo 4 – Informe as características das linhas de campo magnético.

Passo 5 – Repita o experimento, agora, com o ímã de alto-falante.

Nessa perspectiva, o campo magnético é verificado pela ação da força magnética que atrai a limalha de ferro ao redor dos polos do ímã.

Conclusão

Campo magnético é uma região ao redor do ímã permanente que podemos observar um efeito magnético.

A.1.4 Aplicação do Conhecimento

Por que os materiais ferromagnéticos são atraídos por um ímã permanente?

Quais são as características das linhas de campo magnético?

A.2 Atividade Experimental Demonstrativa II – Experiência de Oersted

A.2.1 Objetivo

Identificar a existência do campo eletromagnético toda vez que um condutor é percorrido por corrente elétrica, ou seja, a relação entre eletricidade e magnetismo. Apresentar a Regra de Ampère – Regra da Mão Direita para Condutores.

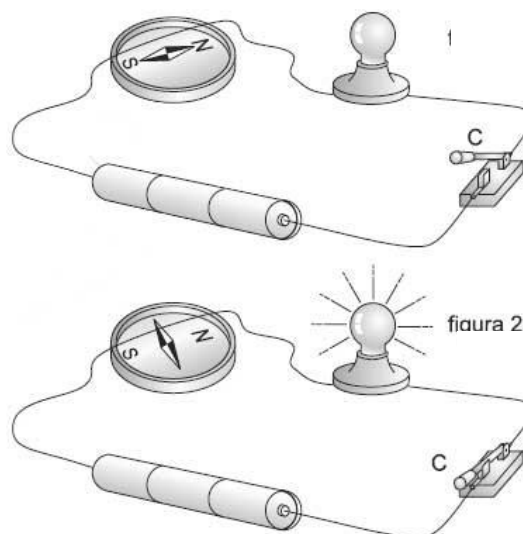
A.2.2 Problematização

Por que a corrente elétrica circulando num condutor pode causar interferência em equipamentos eletrônicos?

A.2.3 Organização do Conhecimento

Nesta atividade é fundamental reforçar a ideia de corrente elétrica produzindo campo magnético. O professor deve salientar novamente que os efeitos magnéticos estão totalmente vinculados às propriedades elétricas, resgatando a questão dos ímãs elementares em ímãs permanentes. O experimento pode ser analisado como apresentamos na figura 2.

Figura 2: Esquema representação do experimento.



Fonte: <http://www.fisicapaidegua.com/prova.php?fonte=PUC-SP&ano=2007>

Esse procedimento permite analisar a existência de uma interação entre eletricidade e o magnetismo, evidenciando a presença de campo magnético produzido por corrente elétrica.

Na demonstração do experimento de Oersted, o circuito, inicialmente, deverá estar desenergizado. O circuito deve ser ligado e desligado, três (03) a cinco vezes (05), para que os discentes observem a variação na orientação da agulha da bússola.

Atividade Experimental Demonstrativa II – Experiência de Oersted

Acreditava-se, no início do século XIX, que não havia relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Todavia, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted, o qual também era professor, verificou que um condutor percorrido por corrente elétrica alterava a posição da agulha magnética de uma bússola.

Figura 3 – Experimento de Oersted



Fonte: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3091>

Materiais Utilizados

- 01 bússola
- 01 bateria de 12 Volts
- 01 chave liga/desliga

- 01 lâmpada de 12 Volts CC
- 01 suporte para lâmpada
- 01 metro de fio de cobre

Tempo de Duração

- 1 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Corte o fio de cobre em três partes iguais.
- 2º Conecte o primeiro fio de cobre a um dos lados do suporte da lâmpada e a um dos lados da chave liga/desliga.
- 3º Conecte o segundo fio de cobre ao outro lado da chave liga/desliga e a um dos lados da bateria de 12 V.
- 4º Conecte o terceiro fio de cobre ao outro lado da bateria de 12 V e ao lado que falta do suporte da lâmpada.
- 5º Com a chave na posição desligado enrosque a lâmpada no suporte.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Etapa 1 - Com experimento montado e a chave aberta (desligada), posicione a bússola sobre o fio de cobre de forma que a agulha magnética esteja paralela ao condutor.

Etapa 2 – Energize o circuito fechando (ligando) a chave. Peça aos alunos para observar a posição da agulha magnética. O que aconteceu com a agulha magnética da bússola? Por quê? Abra a chave (desligue) e novamente peça para os alunos observarem. Repita o procedimento de abertura e fechamento da chave, explicando a Regra de Ampère.

Etapa 3 – Agora desconecte os condutores da bateria de 12 VCC. Reconecte os condutores com a polaridade invertida, ou seja, o condutor que estava no polo positivo conecte no polo negativo e o que estava no polo negativo conecte no polo positivo.

Etapa 4 – O que aconteceu com a agulha magnética da bússola? Por quê? Ela se movimentou na mesma direção?

Etapa 5 – Repita o procedimento de abertura e fechamento da chave, explicando a Regra de Ampère.

Assim, corrente elétrica circulando num condutor produz campo magnético. A esse campo magnético, resultante da corrente elétrica, chamamos de campo eletromagnético.

Conclusão

Todo condutor percorrido por corrente elétrica, gera em torno de si um campo eletromagnético, sendo seu sentido determinado pela Regra de Ampère ou Regra da Mão Direita, para condutores.

A.2.4 Aplicação do Conhecimento

Um dos fatores para que haja vida na terra é a existência do campo magnético. Uma bússola se orienta mediante o magnetismo terrestre. Nesse sentido, por que a agulha magnética da bússola, na presença de corrente elétrica, não se orienta de acordo com o campo magnético terrestre?

A.3 Atividade Experimental Demonstrativa III – Campo Eletromagnético de uma Espira Circular ou de uma Bobina Longa

A.3.1 Objetivo

Visualizar a capacidade que um condutor, em forma de espira circular ou bobina longa, tem de concentrar as linhas de campo magnético, por meio da representação das suas linhas de indução magnética. Apresentar a Regra de Ampère – Regra da Mão Direita para Bobinas.

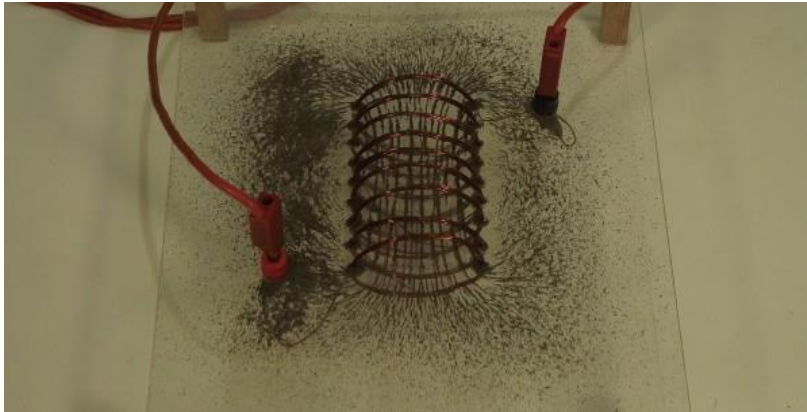
A.3.2 Problematização Inicial

Um condutor em forma de espira circular ou bobina longa é capaz de concentrar as linhas de campo magnético?

A.3.3 Organização do

Nesta atividade é de suma importância que o docente enfatize os conceitos de campo magnético gerado por corrente elétrica, reforçando que os efeitos magnéticos e as propriedades elétricas dos materiais estão correlacionados. Desta forma, uma espira circular ou bobina longa, percorrido por corrente elétrica, concentra suas linhas de campo magnético em seu interior. A regra da mão direita para bobinas determina o sentido das linhas de campo magnético em seu interior. Para ilustrar o experimento apresentamos na figura 4.

Figura 4: Campo magnético de uma bobina.



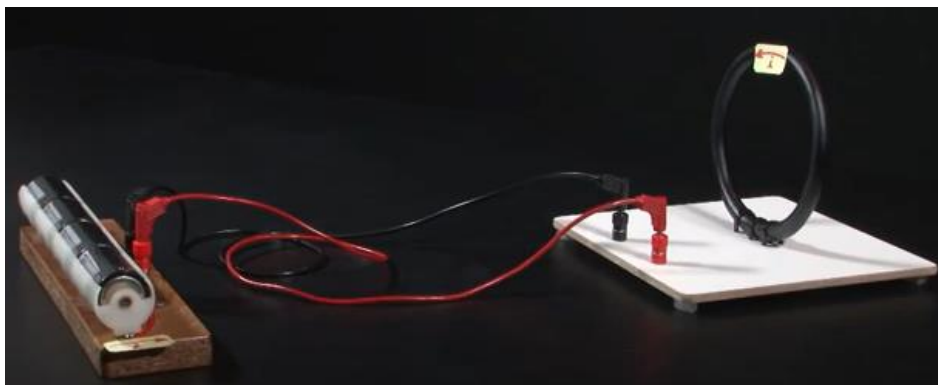
Fonte: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/154/5H15.40-Campo-magnetico-de-um-solenoid>

Atividade Experimental Demonstrativa III – Campo Eletromagnético de uma Espira Circular ou de uma Bobina Longa

O procedimento experimental em questão permite observar que uma espira circular ou uma bobina longa, concentra suas linhas de campo magnético no seu interior, por meio da visualização de suas linhas de indução magnética.

A demonstração utilizará uma bobina longa, em virtude da mesma ser proveniente de várias espiras circulares. A figura, abaixo, é uma ilustração das várias configurações possíveis para a montagem do experimento.

Figura 5 – Espira Circular ou Bobina Longa



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=8XDrGliYplo&t=10s>

Materiais Utilizados

- 04 pilhas AA
- 01 suporte para pilhas
- 02 cabos (vermelho e preto) com conectores tipo garra
- 01 folha de papel manteiga ou ofício
- 10 centímetros de tubo de PVC Ø 25 mm
- 50 gramas de limalha de ferro
- 100 centímetros de fio de cobre

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Enrole o fio de cobre ao redor do tubo de PVC.
- 2º Retire o tubo de PVC do interior da bobina longa.
- 3º Insira as pilhas no suporte.
- 4º Conecte o cabo vermelho ao polo positivo do suporte e a um dos lados da bobina longa.
- 5º Conecte o cabo preto ao polo negativo do suporte e ao outro lado da bobina longa.
- 6º Pegue a folha de papel e coloque sobre a bobina longa.
- 7º Espalhe, sobre a folha de papel, a limalha de ferro.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Após a montagem do experimento, movimente suavemente a folha de papel para esquerda e para direita, com a finalidade de posicionar a limalha de ferro, conforme as linhas de campo magnético.

Passo 2 – Descanse a folha de papel sobre a bobina longa, novamente.

Passo 3 – Peça aos alunos para que observem a representação visual das linhas de campo magnético.

Passo 4 – Informe as características das linhas de campo magnético no interior do solenoide, comparando-o ao ímã permanente.

Passo 5 – Apresente a Regra da Mão Direita para bobinas.

Nessa perspectiva, podemos observar que as linhas de campo magnético são concentradas no interior do solenoide.

Conclusão

Um condutor em forma de espira circular ou bobina longa (solenóide) é capaz de concentrar as linhas de campo magnético quando percorrido por uma corrente elétrica.

A.3.4 Aplicação do Conhecimento

A densidade de campo magnético resultante, no interior da bobina longa, é maior que a densidade de campo magnético gerado num condutor retilíneo quando percorridos pela mesma corrente elétrica?

Segundo Encontro

B.1 Atividade Experimental Demonstrativa IV – Balanço Eletromagnético

B.1.1 Objetivo

Observar a interação entre o campo magnético de um ímã permanente e o campo eletromagnético gerado por cargas elétricas em movimento num condutor, denominada força eletromagnética. Apresentar a Regra de Fleming da Mão Esquerda.

B.1.2 Problematização

O que é força eletromagnética?

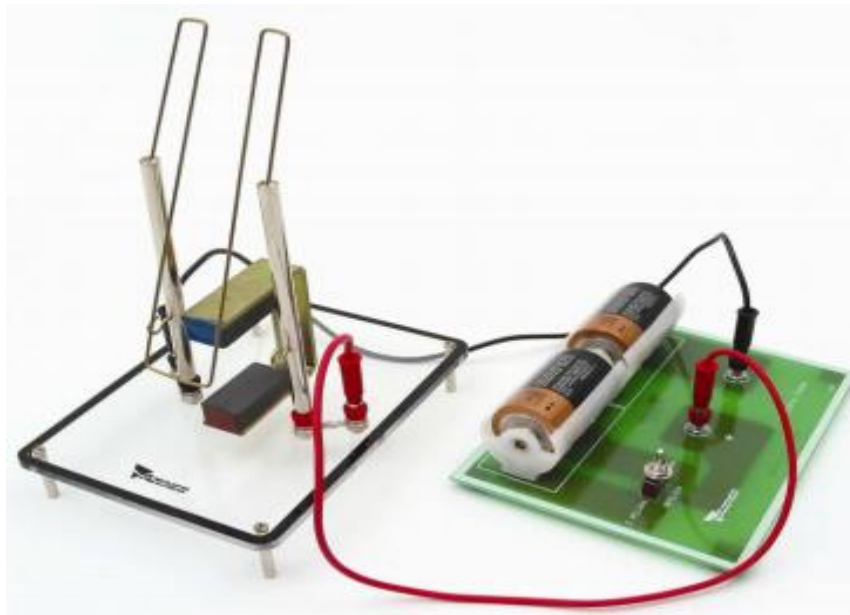
B.1.3 Organização do Conhecimento

Neste encontro devemos salientar que cargas elétricas em movimento, num condutor, geram campo eletromagnético em torno da região que o envolve e, estando esse sob ação de outro campo magnético, resulta numa força que age na carga elétrica chamada de força eletromagnética. É imprescindível que o professor sublinhe que a força eletromagnética é proveniente da interação entre os campos, tendo direção e sentido determinados pela Regra de Fleming da Mão Esquerda.

Na demonstração do balanço magnético é importante inverter a polaridade da fonte para observar o resultado da força eletromagnética com sentido de correntes diferentes.

Atividade Experimental Demonstrativa IV – Balanço Eletromagnético
O procedimento experimental em questão permite observar a interação entre o campo magnético do ímã permanente e o campo eletromagnético gerado pela corrente elétrica do condutor.

Figura 6 – Kit Didático com Haste



Fonte: <http://www.fisica.alegre.ufes.br/sites/fisica.alegre.ufes.br/files/field/anexo/7.pdf>

Materiais Utilizados

- 01 ímã em forma de “U”
- 01 balanço de cobre
- 01 base de acrílico para força magnética
- 01 suporte para pilhas tamanho D com borne do tipo banana fêmea e chave liga/desliga
- 02 hastes com apoios
- 02 cabos (vermelho e preto) para ligação com conector banana
- 02 pilhas tamanho D – Fonte CC

Tempo de Duração

- 1 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Conecte as hastes na base de acrílico.
- 2º Coloque o balanço de cobre sobre as hastes.
- 3º Entre as hastes, descance o ímã. O condutor deverá ficar entre os polos do ímã.

- 4º Insira as pilhas no suporte.
- 5º Com a chave na posição desligado, conecte o cabo vermelho aos polo positivos do suporte e da haste, e o cabo preto aos polos negativos do suporte e da haste.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Após a montagem do experimento, ligue o circuito e observe o movimento do balanço de cobre.

Passo 2 – Identifique o sentido do campo magnético gerado pelo ímã permanente. Polos norte e sul.

Passo 3 – Identifique o sentido da corrente elétrica na parte do condutor que está entre os polos do ímã permanente.

Passo 4 – Através da Regra de Fleming da Mão Esquerda (Ação Motriz), identifique o sentido da força eletromagnética. O balanço do condutor está de acordo com a Regra de Fleming?

Passo 5 – Repita o experimento invertendo a polaridade da fonte CC, ou seja, mudando o sentido da corrente elétrica no condutor em forma de balanço.

Nessa perspectiva, podemos observar a interação entre os campos magnético e eletromagnético.

Conclusão

Todo condutor percorrido por corrente elétrica, em contato com um campo magnético, sofre ação de uma força eletromagnética, cuja direção é indicada pela Regra de Fleming da Mão Esquerda.

B.1.4 Aplicação do Conhecimento

Qual o resultado esperado quando um condutor percorrido por corrente elétrica é imerso num campo magnético? O condutor sofre alguma ação?

B.2 Atividade Experimental Demonstrativa V – Torque Eletromagnético

B.2.1 Objetivo

Observar a torção sofrida por uma bobina, composta de “N” espiras, quando esta estiver fixada a um eixo de rotação e imersa a um campo magnético.

B.2.2 Problematização Inicial

O que é torque eletromagnética?

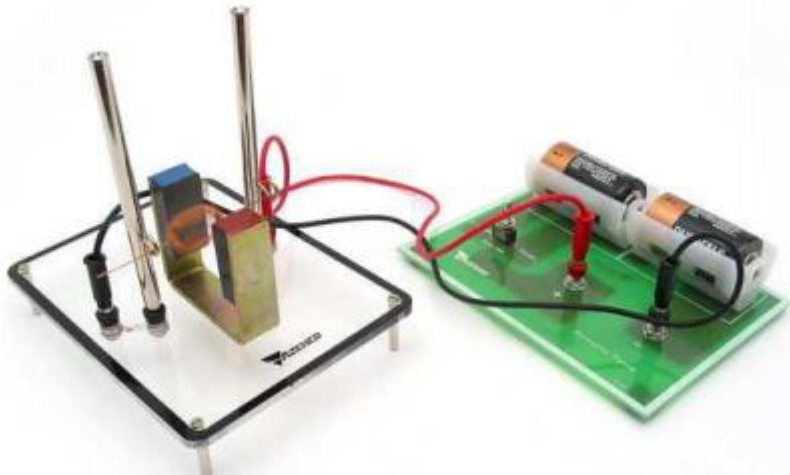
B.2.3 Organização do Conhecimento

Nesta atividade o docente deve frisar que a interação entre um campo magnético e um campo eletromagnético, este gerado pela corrente elétrica circulando num condutor, resulta em força eletromagnética. Este condutor estando em forma de bobina e fixado a um eixo de rotação (pivot) produz torque de giro, ou seja, movimento. Nesse sentido, o professor reforçará que o torque de giro, resultado da interação entre os campos, tende a alinhar o eixo eletromagnético da bobina com o vetor campo magnético, cujo sentido é indicado pela Regra de Fleming da Mão Esquerda.

O princípio de torque girante de uma espira proporciona várias aplicações práticas, tais como: motores elétricos e instrumentos de medição analógicos.

Atividade Experimental Demonstrativa V – Torque Eletromagnético
O procedimento experimental em questão permite observar a torção de uma bobina imersa num campo magnético.

Figura 7 – Kit Didático com Bobina



Fonte: <http://www.fisica.alegre.ufes.br/sites/fisica.alegre.ufes.br/files/field/anexo/7.pdf>

Materiais Utilizados

- 01 ímã em forma de “U”
- 01 bobina (motor elétrico elementar de corrente contínua)
- 01 base de acrílico para força magnética
- 01 suporte para pilhas tamanho D com borne do tipo banana fêmea e chave liga/desliga
- 02 hastes com apoios
- 02 cabos (vermelho e preto) para ligação com conector banana
- 02 pilhas tamanho D – Fonte CC

Tempo de Duração

- 1 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Conecte as hastes na base de acrílico.
- 2º Coloque a bobina sobre o apoio das hastes.
- 3º Entre as hastes, descance o ímã com os polos virados para cima.

- 4º Posicione a bobina entre os polos do ímã, descansando-a sobre os apoios das hastes.
- 5º Insira as pilhas no suporte.
- 6º Com a chave na posição desligado, conecte o cabo vermelho aos polo positivos do suporte e da haste, e o cabo preto aos polos negativos do suporte e da haste.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Após a montagem do experimento, ligue o circuito para iniciar o movimento girante na bobina. Nesse instante, poderá ser necessário impulsionar a bobina para dar início ao movimento de giro.

Passo 2 – Identifique o sentido de giro da bobina (horário/anti-horário).

Passo 3 – Desligue o circuito.

Passo 4 – Identifique o sentido da corrente elétrica na bobina.

Passo 5 – Através da Regra de Fleming da Mão Esquerda (Ação Motriz), identifique o sentido da força eletromagnética na bobina. O torque de giro na bobina está de acordo com a Regra de Fleming?

Passo 6 – Repita o experimento invertendo a polaridade da fonte CC, ou seja, mudando o sentido da corrente elétrica na bobina.

Nessa perspectiva, podemos observar a torção, ou seja, o torque de giro na bobina.

Conclusão

Todo condutor percorrido por corrente elétrica, em contato com um campo magnético, sofre ação de uma força eletromagnética, cuja direção é indicada pela Regra de Fleming da Mão Esquerda.

B.2.4 Aplicação do Conhecimento

Qual aplicação prática proporcionada pelo torque eletromagnético?

Terceiro Encontro

C.1 Atividade Experimental Demonstrativa VI – Força Eletromotriz Induzida – Bobina

C.1.1 Objetivo

Observar o fenômeno da indução eletromagnética numa bobina pela variação do fluxo magnético. Apresentar a Lei de Faraday.

C.1.2 Problematização Inicial

Por meio da indução eletromagnética, é possível a geração de energia elétrica?

C.1.3 Organização do Conhecimento

Neste encontro entendemos ser fundamental destacar que a simples presença do campo magnético não é suficiente para produzir corrente elétrica, todavia sendo esse de natureza variável, ou seja, havendo uma variação do fluxo magnético, existirá geração corrente elétrica. Nessa perspectiva, o professor ressaltará que por meio da experiência de Faraday podemos observar uma diferença de potencial (ddp) chamada Força Eletromotriz Induzida, também conhecida como tensão induzida (fem), cujo sentido da corrente é tal que origina um fluxo magnético induzido contrário ao campo indutor. A esse fenômeno chamamos de Indução Eletromagnética.

O fenômeno da força eletromotriz induzida (fem) pode ser realizada por um experimento utilizando um ímã permanente, uma bobina com “N” espiras e um galvanômetro. Após os debates organizados em aula, o docente pode demonstrar o experimento da Força Eletromotriz Induzida.

Atividade Experimental Demonstrativa VI – Força Eletromotriz Induzida - Bobina

O procedimento experimental em questão permite observar a tensão induzida numa bobina pela variação do fluxo magnético.

Figura 8 – Bobina e Galvanômetro



Fonte: http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20161220152011.pdf

Materiais Utilizados

- 01 ímã em forma de barra
- 01 bobina de 200 espiras
- 01 galvanômetro
- 02 cabos (vermelho e preto) para ligação com conector banana

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Coloque a bobina sobre um plano.
- 2º Posicione o galvanômetro ao lado da bobina.
- 3º Conecte o cabo vermelho aos polos positivos da bobina e do galvanômetro.
- 4º Conecte o cabo preto aos polos negativos da bobina e do galvanômetro.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Deixe o ímã próximo a bobina, porém sem movimentar, e observe o galvanômetro. Há circulação de corrente elétrica?

Passo 2 – Aproxime o ímã em direção ao núcleo da bobina observando o galvanômetro. Há circulação de corrente elétrica? Nesse momento, o campo magnético induzido na bobina tem polaridade contrária à do ímã tentando impedir o crescimento do campo indutor.

Passo 3 – Afaste o ímã do núcleo da bobina observando o galvanômetro. Há circulação de corrente elétrica? Qual sentido? Nesse momento, o campo magnético induzido na bobina tem a mesma polaridade do ímã, assim, reforçando o campo indutor. Ou seja, tentando impedir a sua redução.

Nessa perspectiva, podemos observar o fenômeno da indução eletromagnética na bobina pela variação do campo indutor.

Conclusão

Todo condutor, estando num circuito fechado, quando submetido a um fluxo magnético variável, gera uma força eletromotriz induzida (fem) ou tensão induzida. Assim, circulará uma corrente, a qual produzirá um fluxo magnético induzido oposto ao fluxo magnético indutor.

C.1.4 Aplicação do Conhecimento

Qual aplicação prática proporcionada pelo fenômeno da indução eletromagnética ou força eletromotriz induzida?

C.2 Atividade Experimental Demonstrativa VII – Indução Eletromagnética I – Lata

C.2.1 Objetivo

Observar o efeito do fenômeno da indução eletromagnética numa lata sobre a água.

C.2.2 Problematização Inicial

Por meio da indução eletromagnética, é possível rotacionar uma lata?

C.2.3 Organização do Conhecimento

Nesta atividade o professor deve enfatizar os conceitos da Lei de Faraday, a qual demonstra que ao aproximarmos um condutor, uma bobina ou um circuito elétrico, a uma região que há variação do campo magnético, nesses surgirá uma Força Eletromotriz Induzida ou Indução Eletromagnética. Utilizando uma lata de refrigerante que flutua em água e um ímã permanente, podemos observar o efeito da indução eletromagnética. Girando-se o ímã no interior da lata, variamos o campo magnético indutor que incide na mesma. Nesse sentido, também é fundamental o professor salientar que por meio da variação das linhas de campo magnético indutor que atravessam a superfície da lata, será induzido uma diferença de potencial, circulando, assim, uma corrente elétrica. Nessa perspectiva, surge um campo magnético em torno da lata, devido a circulação de corrente, que se opõe ao campo indutor.

Atividade Experimental Demonstrativa VII – Indução Eletromagnética I – Lata
O procedimento experimental em questão permite observar o efeito da indução eletromagnética numa lata de refrigerante imersa em água.

Figura 9 – Lata Flutuando em Água



Fonte: Autor

Materiais Utilizados

- 01 lata de refrigerante cortada ao meio
- 01 ímã em forma de barra
- 01 haste de madeira (palito)
- 01 fita adesiva
- 01 recipiente com água (pote ou forma)
- 01 detergente líquido

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Coloque o ímã na ponta da haste de madeira, fixando-o com a fita adesiva.
- 2º Misture um pouco de detergente líquido à água.
- 3º Descanse a lata sobre o recipiente com água.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Aproxime o ímã ao interior da lata segurando a haste de madeira pela extremidade, sem tocar em sua superfície.

Passo 2 – Com o ímã em repouso, observe a lata. Há movimento? Por quê?

Passo 3 – Rotacionando o ímã em sentido horário no interior da lata, sem encostar em sua superfície, observe. Há movimento? Por quê?

Passo 4 - Rotacionando o ímã em sentido anti-horário no interior da lata, sem encostar em sua superfície, observe. Há movimento? Por quê?

Nessa perspectiva, podemos observar a ação da indução eletromagnética sobre a lata.

Conclusão

Todo material ferromagnético quando submetido a um fluxo magnético variável, nele surgirá uma diferença de potencial gerando um campo magnético em torno de si. A interação entre os campos é capaz de produzir rotação.

C.2.4 Aplicação do Conhecimento

Por que a lata entra em movimento quando rotacionamos o ímã permanente em seu interior?

C.3 Atividade Experimental Demonstrativa VIII – Indução Eletromagnética II – Tubo de Cobre

C.3.1 Objetivo

Observar o efeito do fenômeno da indução eletromagnética num tubo de cobre.

C.3.2 Problematização Inicial

Ao deixarmos um ímã cair em queda livre dentro de um tubo de cobre, por que seu tempo de queda é retardado?

C.3.3 Organização do Conhecimento

Nesta atividade é importante o professor salientar que ao redor de uma região onde há variação do campo magnético, ao aproximarmos um material ferromagnético, surgirá uma diferença de potencial. Essa irá gerar uma corrente induzida, a qual produzirá em torno de si um campo magnético. Desta forma, utilizando um tubo de cobre e um ímã permanente, podemos observar o efeito da indução eletromagnética. É essencial que o docente informe que o campo magnético induzido tem polaridade contrária ao campo magnético indutor. Também deve enfatizar que o fluxo magnético induzido, de sentido contrário, enfraquece o fluxo magnético indutor, assim, impedindo seu crescimento, e, por consequência ocasionando um retardamento na queda livre do ímã no interior do tubo de cobre.

Sendo assim, os debates que surgirão em aula pelas argumentações expostas proporcionarão a demonstração do experimento da Indução Eletromagnética II – Tubo de Cobre.

**Atividade Experimental Demonstrativa VIII – Indução Eletromagnética II –
Tubo de Cobre**

O procedimento experimental em questão permite observar o efeito da indução eletromagnética num tubo de cobre.

Figura 10 – Tubo de Cobre e Ímã



Fonte: Autor

Materiais Utilizados

- 01 tubo de cobre
- 01 ímã em forma de cilindro
- 01 toalha de algodão

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Descanse a toalha de algodão sobre uma superfície plana.
- 2º Posicione o tubo de cobre na direção vertical.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Posicione o ímã ao lado do tubo de cobre.

Passo 2 – Solte-o em queda livre e observe o tempo de queda.

Passo 3 – Posicione o ímã acima da abertura do tubo de cobre.

Passo 4 – Solte-o em queda livre. O tempo de queda foi o mesmo?

Por quê?

Nessa perspectiva, podemos observar a ação da indução eletromagnética sobre o tubo de cobre.

Conclusão

A interação entre os campos magnéticos, indutor e induzido, é capaz de produzir uma ação de retardar a queda livre do ímã.

C.3.4 Aplicação do Conhecimento

Por que o tempo de queda livre do ímã é maior no interior do tubo de cobre do que ao lado do mesmo?

C.4 Atividade Experimental Demonstrativa IX – Indução Eletromagnética III – Anel de Thomson

C.4.1 Objetivo

Observar o efeito do fenômeno da indução eletromagnética utilizando a levitação num anel de alumínio.

C.4.2 Problematização Inicial

Ao submetermos um anel de alumínio a um campo magnético variável posicionada ao redor de um núcleo de ferro-doce, por que ele fica levitando?

C.4.3 Organização do Conhecimento

Nesta atividade o professor deve enfatizar a Lei de Faraday informando suas características, bem como, a importância da interação dos campos magnéticos indutor e induzido, os quais produzem força eletromotriz induzida. Também deve ser exposto que duas espiras ou anéis quando aproximados, interagem de forma atrativa ou repulsiva quando percorridos por corrente elétrica.

É fundamental salientar que ao soltar o anel de alumínio ao redor de um núcleo de ferro doce, proporcionará um aumento da densidade do fluxo magnético variável, induzindo uma corrente. Nessa perspectiva, sobre o anel de alumínio, haverá forças de atração e repulsão, pois a corrente induzida no anel está atrasada em relação a corrente na bobina. Sendo assim, na média, ao longo de um ciclo dessas correntes, será repulsivo. Recomenda-se observar a vibração do anel enquanto levita, isso demonstra que não há somente uma força de repulsão atuando sobre ele, mas também uma força de atração. Observa-se, na figura, a presença de um anel de alumínio cortado, porém sem flutuar. Isso deve-se ao fato de não haver corrente induzida circulando.

Atividade Experimental Demonstrativa IX – Indução Eletromagnética III – Anel de Thomson

O procedimento experimental em questão permite observar o efeito da indução eletromagnética por meio da levitação num anel de alumínio.

Figura 11 – Montagem do Anel de Thomson



Fonte: http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20161220152011.pdf

Obs.: Um anel está cortado para observação e questionamentos.

Materiais Utilizados

- 01 anel de alumínio
- 01 bobina de 300 espiras
- 03 núcleos de ferro-doce
- 01 regulador de voltagem monofásico (Variac)
- 02 cabos (vermelho e preto) para ligação com conector banana

Tempo de Duração

- 0,5 hora/aula

Montagem do Experimento

- 1º Descanse a bobina sobre uma superfície plana.
- 2º Coloque o primeiro núcleo de ferro-doce no interior da bobina.

- 3º Sobre primeiro núcleo, posicione os demais núcleos.
- 4º Conecte o cabo vermelho aos polos positivos da bobina e do Variac.
- 5º Conecte o cabo preto aos polos negativos da bobina e do Variac.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Estabeleça a tensão de 0 V, no Variac, e ligue o equipamento.

Passo 2 – Gradativamente, aumente a tensão observando a tensão de 110 V.

Passo 3 – Posicione o anel de alumínio acima do núcleo de ferro-doce.

Passo 4 – Solte-o em queda livre. O que acontece? Por quê?

Passo 5 – Desligue o Variac e posicione o anel de alumínio ao redor do núcleo de ferro-doce e sobre a bobina.

Passo 6 – Ligue o Variac e observe o anel de alumínio. O que acontece? Por quê?

Nessa perspectiva, podemos observar a ação da indução eletromagnética sobre o anel de alumínio.

Conclusão

A interação entre os campos magnéticos, indutor e induzido, gerará uma força eletromotriz que é capaz de produzir uma ação de atração e repulsão sobre o anel de alumínio, sendo que na média prepondera a repulsão.

C.4.4 Aplicação do Conhecimento

Por que o anel de alumínio levita?

Quarto Encontro

D.1 Atividade Experimental Demonstrativa X – Construção do Motor de Indução Monofásico

D.1.1 Objetivo

Demonstrar a construção e observar o princípio de funcionamento do motor de indução.

D.1.2 Problematização

Como obter torque num anel de alumínio quando esse está submetido a um campo magnético girante obtido por uma rede monofásica?

D.1.3 Organização do Conhecimento

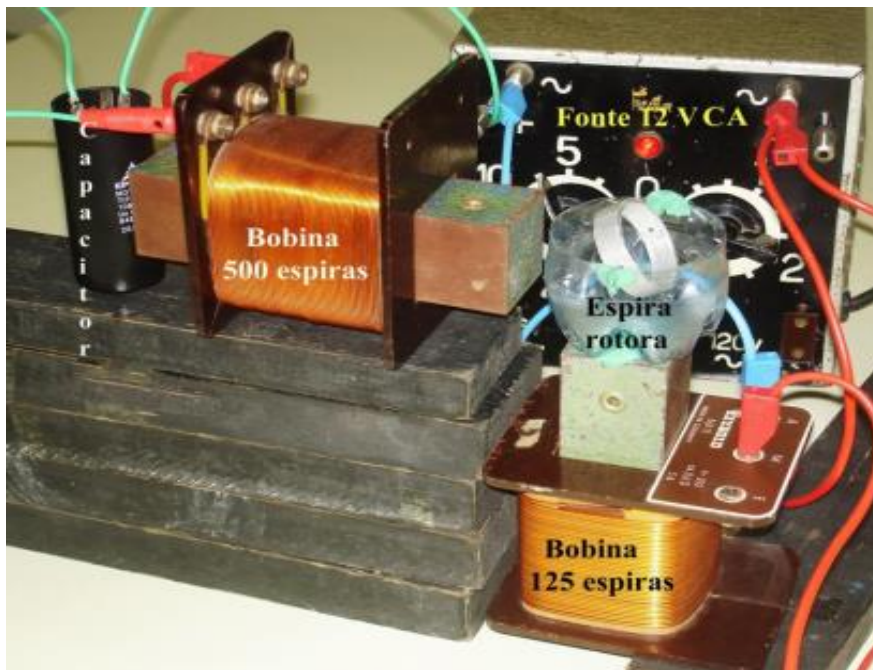
Neste encontro entendemos enfatizar as características fundamentais da Lei de Faraday e a obtenção de um campo magnético girante, o qual é imprescindível ao funcionamento de um motor de indução monofásico. O campo magnético girante é facilmente gerado quando utilizamos duas bobinas com núcleos de ferro-doce posicionadas horizontalmente e verticalmente uma da outra, alimentadas por uma fonte de tensão de corrente alternada (CA).

É essencial o professor sublinhar que para as bobinas resultarem em campo magnético oscilante, proporcionando torque, as correntes elétricas que as percorrem devem ter fases iniciais diferentes, do contrário resultaria em torque nulo. Isso ocorre ao adicionarmos um capacitor em série a uma das bobinas. Também é importante informar as características elétricas que constituem uma bobina, ou seja, resistência elétrica e reatância indutiva, bem como, suas interferências na corrente elétrica.

Atividade Experimental Demonstrativa X – Construção do Motor de Indução Monofásico

O procedimento experimental em questão permite observar o funcionamento do motor de indução monofásico.

Figura 12 – Motor de Indução Monofásico



Fonte: <https://nelsonreyes.com.br/Motor%20eletrico%20CBEF.pdf>

Materiais Utilizados

- 01 bobina de 125 espiras ($\varnothing = 7,5$ cm; L = 7,1 cm)
- 01 bobina de 500 espiras ($\varnothing = 7,5$ cm; L = 7,1 cm)
- 02 núcleos de ferro-doce (L = 4 x 4 x 15 cm)
- 01 capacitor eletrolítico apolar (C = 100 μ F)
- 01 anel de alumínio ($\varnothing = 3,5$ cm; e = 2 mm; L = 1 cm)
- 20 cm de fio de cobre
- 01 suporte de PVC para o rotor (garrafa de água cortada)
- 01 regulador de voltagem monofásico – S = 0,5 kVA (Variac)
- 03 cabos para ligação com conector banana
- 02 cabos para ligação com conector banana/garra
- 01 caixa de papelão (caixa de sapato)

Tempo de Duração

- 2 horas/aula

Montagem do Experimento

- 1º Coloque o primeiro núcleo de ferro-doce no interior da primeira bobina.
- 2º Descanse-a sobre a caixa de papelão na direção horizontal e próxima a face lateral da caixa.
- 3º Coloque o segundo núcleo de ferro-doce no interior da segunda bobina.
- 4º Descanse a segunda bobina, na direção vertical, próxima a face lateral da caixa de papelão, sobre uma superfície plana.
- 5º Conecte o primeiro cabo vermelho, tipo banana, aos polos positivos da primeira bobina e do Variac.
- 6º Conecte o segundo cabo vermelho, tipo banana, aos polos positivos da segunda bobina e do Variac.
- 7º Conecte o primeiro cabo preto, tipo banana, aos polos negativos da segunda bobina e do Variac.
- 8º Conecte o segundo cabo preto, tipo banana/garra, ao polo negativo do Variac e a um dos lados do capacitor eletrolítico apolar.
- 9º Conecte o terceiro cabo preto, tipo banana/garra, ao outro lado do capacitor eletrolítico apolar e ao polo negativo da primeira bobina.
- 10º Fure diametralmente o anel de alumínio em dois pontos opostos.
- 11º Passe pelos furos do anel de alumínio o condutor de cobre - rotor.
- 12º Fure diametralmente o suporte de PVC em dois pontos opostos.
- 13º Apoie o rotor no suporte de PVC.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Antes de alimentar o circuito, observe com atenção, pois o capacitor eletrolítico apolar deve estar em série com a primeira bobina.

Passo 2 – A bobina que está conectada em série com o capacitor eletrolítico apolar é considerada Bobina Auxiliar. A outra bobina é a de Trabalho.

Passo 3 – Estabeleça a tensão de 0 V, no Variac, e ligue o equipamento.

Passo 4 – Gradativamente, aumente a tensão observando a tensão de 12 V. O que acontece ao rotor? Por quê?

Passo 5 – Desligue o Variac e inverta o sentido da corrente na bobina auxiliar.

Passo 6 – Ligue o Variac. O que acontece ao rotor? Por quê?

Nessa perspectiva, podemos observar a ação da indução eletromagnética sobre o rotor, ou seja, o funcionamento do motor monofásico.

Conclusão

A interação entre os campos magnéticos, indutor e induzido, gerará uma força eletromotriz que é capaz de produzir uma ação de rotação sobre o rotor.

D.1.4 Aplicação do Conhecimento

Por que há uma rotação em torno do eixo do rotor?

Quinto Encontro

E.1 Atividade Experimental Demonstrativa X – Construção do Motor Elementar de Corrente Contínua

E.1.1 Objetivo

Demonstrar a construção e observar o princípio de funcionamento do motor de corrente contínua.

E.1.2 Problematização Inicial

Como o motor de corrente contínua funciona, uma vez que o mesmo está imerso num campo magnético de intensidade constante?

E.1.3 Organização do Conhecimento

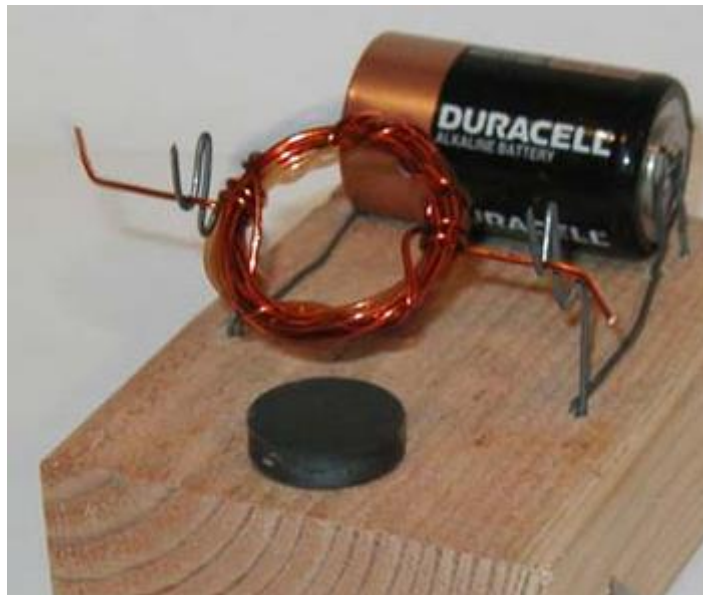
Neste encontro entendemos ser fundamental destacar que os motores de corrente contínua (CC) funcionam por meio de uma premissa básica do eletromagnetismo: todo condutor percorrido por corrente elétrica, estando esse sobre ação de um campo magnético, estará suscetível a ação de uma força eletromagnética.

O professor deve salientar que, ao alimentar um motor de corrente contínua, surgirá um campo magnético no estator (caso o estator seja constituído por ímãs permanentes, os polos já estão ativos) e outro no rotor. Da mesma maneira deve enfatizar que não havendo comutador e anéis coletores, os motores CC não funcionariam. Entretanto, os motores CC possuem comutadores e anéis coletores que fazem a inversão dos polos na armadura, antes dos polos opostos se encontrarem, mantendo seu funcionamento.

Atividade Experimental Demonstrativa XI – Construção do Motor Elementar de Corrente Contínua

O procedimento experimental em questão permite observar o funcionamento do motor elementar de corrente contínua.

Figura 13 – Motor Elementar de Corrente Contínua



Fonte: https://www.fisica.net/feirasdeciencias/motor_eletrico_simples.php

Materiais Utilizados

- 30 cm de longarina
- 30 cm de condutor rígido de cobre de 2,5 mm²
- 01 ímã de alto-falante
- 01 ímã retangular de neodímio
- 01 m de condutor esmaltado
- 20 cm de tubo PVC Ø = 20 mm
- 01 fonte de tensão – V = 12 VCC / I = 500 mA ou 1000 mA (em substituição a pilha)
- 01 cabo para ligação com conector do tipo garra
- 01 cabo para ligação com conector do tipo banana/garra
- 01 fita adesiva

Tempo de Duração

- 2 horas/aula

Montagem do Experimento

- 1º Corte o condutor rígido de cobre em três partes de dez centímetros.
- 2º Dobre em forma de “L”, duas partes do condutor rígido que foi cortado. Essas servirão de apoio para a bobina (rotor).
- 3º Sobre a longarina, fixe dos dois pedaços de condutores cortados utilizando a fita adesiva.
- 4º Utilize o terceiro pedaço de condutor rígido para estabilizar os apoios do rotor.
- 5º Utilize o tubo de PVC de diâmetro 20 mm para construir o rotor. Em volta do tubo, enrole o condutor esmaltado de quinze a vinte voltas. Nas extremidades do condutor esmaltado, dê uma volta para aproximar as espiras.
- 6º Diametralmente em uma das extremidades do rotor que serve para fazer contato com o apoio, raspe-a em lados opostos, provocando uma descontinuidade.
- 7º Descanse o rotor sobre os condutores rígidos.
- 8º Descanse o ímã de alto-falante sob o rotor.
- 9º Conecte os cabos nos contatos do condutor rígido e aos contatos da fonte de alimentação.

Estratégia Experimental Demonstrativa

Passo 1 – Ligue a fonte de alimentação. O rotor movimentou-se? Por quê? Caso afirmativo, qual o sentido de giro?

Passo 2 – Desligue a fonte de alimentação. O rotor movimentou-se? Por quê? Se afirmativo, qual o sentido de giro?

Passo 4 – Troque o ímã de alto-falante pelo ímã retangular de neodímio.

Passo 5 – Ligue a fonte de alimentação. O rotor movimentou-se? Por quê? Caso afirmativo, qual a diferença de rotação do rotor em relação ao ímã de alto-falante?

Passo 6 – Desligue a fonte de alimentação, vire o ímã para mudar a polaridade. O rotor movimentou-se? Por quê? Caso afirmativo, qual o sentido de giro?

Nessa perspectiva, podemos observar o funcionamento do motor elementar de corrente contínua.

Conclusão

A interação entre os campos magnéticos, indutor e induzido, gerará uma força eletromotriz que é capaz de produzir uma ação de rotação sobre o rotor.

E.1.4 Aplicação do Conhecimento

Quais tipos de motores são utilizados em robótica?

Considerações finais.

Esta proposta de sequência didática, adaptada para a realidade de um curso técnico de nível médio de automação industrial, pode, com os devidos ajustes, ser desenvolvida em outras situações, considerando todos os encontros ou selecionando os adequados ao propósito desejado.

O desenvolvimento de atividades experimentais seguiu uma lógica de utilizar atividades construídas com materiais simples, mas também trouxe experimentos com materiais de laboratório. Entretanto, a escolha dos materiais pode ficar a critério do(a) professor(a).

Acreditamos que esta proposta de sequência didática pode ensejar melhorias no processo de ensino e aprendizagem, através de materiais, ideias e informações novas, por meio de uma estrutura metodológica coerente, relacionando conceitos relevante e inclusivos.

