

CAMPUS CARIACICA

**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Alexsandro Fernandes Fuzari

**GUIA DIDÁTICO DE UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DO CONTEUDO DE INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA**

**CARIACICA
2017**

Sumário

Introdução	03
A sequência de encontros da proposta de UEPS	05
Encontro 1	05
Atividade experimental 1	06
Encontro 2.....	10
Encontro 3.....	12
Atividade experimental 2.....	14
Encontro 4.....	17
Atividade experimental 3.....	19
Encontro 5.....	20
Encontro 6.....	22
Encontro 7.....	24
Encontro 8.....	26
Encontro 9.....	28
Breve história do nascimento do eletromagnetismo.....	29
Referências Bibliográficas	36

Introdução:

Este guia tem por finalidade auxiliar o uso dessa proposta de UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativo) no conteúdo de indução eletromagnética. As UEPS são sequências de ensino propostas por Moreira, fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria dos campos conceituais de Vergnaud. Essa proposta de UEPS inclui algumas ferramentas investigativas, em que o aluno seja um agente ativo do seu processo de aprendizagem, contrapondo-se às práticas tradicionais de ensino, como mostrado no capítulo do Referencial teórico na dissertação.

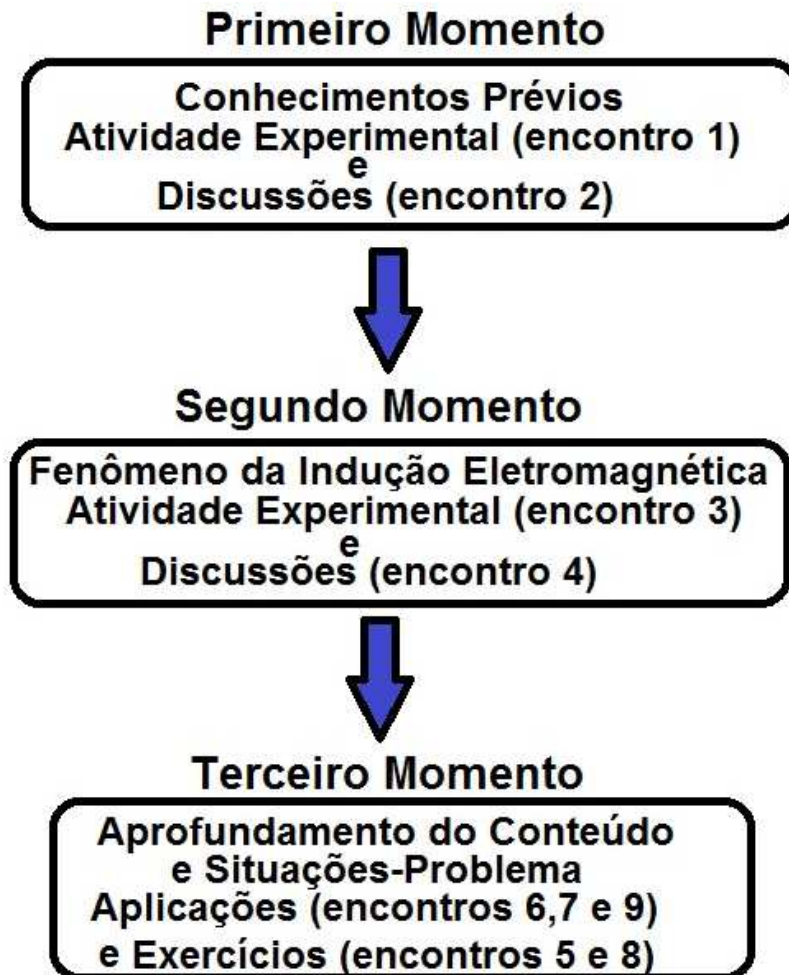
Nessa UEPS, procura-se sempre manter os alunos como protagonistas de sua aprendizagem. É promovido um constante diálogo ao longo da unidade de ensino, tanto no que diz respeito às interações aluno-aluno quanto nas interações aluno-professor. Assim visando um processo de ensino que promova uma aprendizagem significativa, os encontros propostos nessa UEPS procuram fazer com que os alunos tenham uma maior autonomia, com uma abordagem em que, sua aprendizagem tenha um enfoque profundo (intenção de compreender; forte interação com o conteúdo; relação de novas ideias com o conhecimento anterior; relação de conceitos com a experiência cotidiana; relação de dados com conclusões; exame da lógica dos argumentos)

Segundo Ausubel, o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem. Desse modo, os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do assunto que será abordado são levados em conta na UEPS e esse é o objetivo do primeiro e do segundo encontro da UEPS.

No terceiro encontro, os alunos realizarão um experimento de indução eletromagnética com uma abordagem investigativa e, no quarto, o princípio de indução eletromagnética será construído com os alunos de maneira dialogada. Nesses encontros, será abordada também a história do eletromagnetismo, desde Oersted até Faraday.

Nos encontros seguintes serão trabalhados exemplos, exercícios com um grau cada vez maior de complexidade e diversas aplicações da indução eletromagnética no dia a dia, como geradores elétricos, usinas hidrelétricas e transformadores de tensões.

Figura 1A - Fluxograma da proposta de UEPS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Sequência de Encontros da Proposta de UEPS.

A seguir, são apresentados os planos de encontro dessa proposta de UEPS.

Encontro 1

I. Plano de Aula: Encontro 1: Experimento de Oersted.
II. Conteúdo: Campos magnéticos produzidos por ímãs e campos magnéticos produzidos por corrente elétrica.
III. Objetivo pedagógico geral: - Obter informações a respeito dos conhecimentos prévios dos alunos, concepções alternativas e habilidades sobre campo magnético.
IV. Objetivos pedagógicos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Descrever o campo magnético produzido por um ímã e o campo magnético produzido por uma corrente elétrica.• Relacionar o campo magnético produzido por um ímã com o campo magnético produzido por uma corrente elétrica.• Estimar as variáveis pertinentes relacionando campo magnético e corrente.• Saber utilizar a regra da mão direita envolvente.• Começar a sanar possíveis concepções alternativas.
V. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none">• Apresentar aos alunos a proposta e a abordagem para as aulas do conteúdo de Indução eletromagnética através do fluxograma.• Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos).• Realizar o experimento de Oersted utilizando o Kit da atividade experimental 1.• Debater ideias e hipóteses acerca do experimento de Oersted.
VI. Recursos didáticos: O fluxograma pode ser apresentado em Datashow, retroprojeter ou no quadro branco. Atividade experimental 1.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola

Comentários:

Iniciar a aula expondo aos alunos os objetivos, a metodologia e abordagem utilizada nessa UEPS (Apresentando o fluxograma proposto).

Sugere-se que, nessa primeira aula, o professor busque observar o conhecimento prévio dos alunos e suas concepções a respeito de campo magnético oriundo de ímãs e correntes, a fim de identificar possíveis concepções alternativas. É importante que o professor procure instigar discussões entre integrantes dentro dos grupos e evitar trocas de ideias entre grupos, pois isso ocorrerá no próximo encontro (explicar isso à turma).

É interessante que o professor anote as concepções alternativas apresentadas pelos alunos, para que elas possam ser retomadas em discussões posteriores.

Essa é uma aula principalmente de observação, em que o professor medeia as atividades realizadas pelos alunos apenas instigando-os com perguntas ou/e questionamentos. As hipóteses e respostas devem partir principalmente do próprio aluno.

No fim do encontro, o professor deixa como tarefa a leitura do artigo: **Oersted e a descoberta do eletromagnetismo** (MARTINS, 1986) ou o texto: **Breve história do eletromagnetismo: de Oersted a Faraday**, que se encontra no final desse guia.

Após o encontro, o professor poderá analisar tantas as concepções alternativas identificadas e habilidades não desenvolvidas; quanto analisar as respostas aos questionários do experimento.

Atividade Experimental 1

Campo magnético nas proximidades de um ímã e nas proximidades de um fio condutor percorrido por corrente.

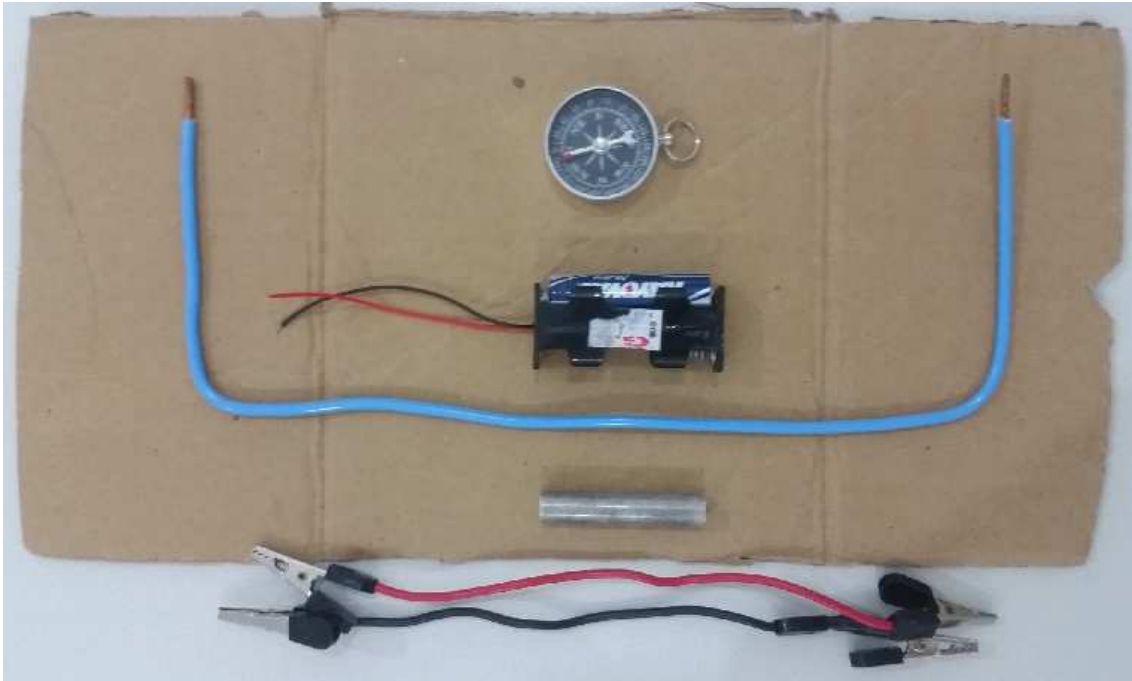
Objetivo:

- Coletar informações a respeito do conhecimento prévio dos alunos.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

Figura 2A - Kit utilizado na atividade experimental 1

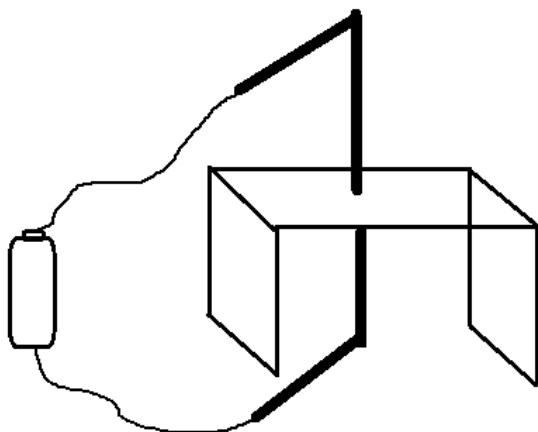


Fonte: Elaborado pelo autor.

- Uma base de papelão, para servir de apoio (sugestão 16cmX34cm)
- 40cm a 45cm de fio rígido 4mm²
- Uma pilha alcalina
- Um suporte para pilhas (opcional)
- Uma bússola
- Um ímã em forma de barra
- E dois cabos com jacarés para conexão

Atividade experimental:

Figura 3A - Sugestão de montagem da base de papelão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa atividade experimental utiliza uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual. Os alunos só recebem do professor o problema e o material e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional (Grau IV – ver Referencial teórico na dissertação). Nessa perspectiva, os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma. Cada grupo recebe um kit, conforme mostrado na figura 3A e o professor propõe:

- Faça um esboço representando o campo magnético ao redor do fio.
- Quais variáveis você considera relevantes para a intensidade e sentido do campo magnético?
- Com auxílio da bússola, como é possível determinar os polos de um ímã? (Descreva)
- Com auxílio da bússola e do experimento, como é possível determinar os polos de uma bateria desconhecida?
- Qual a sua opinião sobre o experimento da aula?

Comentários:

É importante que, durante o experimento, o professor procure se colocar como um observador e, caso necessário, ele possa instigar os alunos com perguntas. É interessante que as discussões fiquem restritas aos membros do grupo, evitando, assim, a troca de informações entre alunos de grupos diferentes.

Encontro 2

I. Plano de Aula: Encontro 2: discussão do experimento e história do eletromagnetismo de Oersted a Ampère.
II. Conteúdo: Campos magnéticos produzidos por ímãs e por corrente elétrica; e fluxo de indução.
III. Objetivos de aprendizagem: <ul style="list-style-type: none">• Desenvolver habilidades que alunos demonstraram não terem desenvolvido.• Formular (em conjunto com toda a turma) o conceito de fluxo de indução.
IV. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none">• Tarefa prévia: leitura do texto• Convidar os alunos a dialogar/discutir com toda a turma, ou seja, com os alunos de outros grupos as ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões ocorridas e descobertas no experimento realizado na aula anterior (experimento de Oersted).• Aproveitando as discussões e conclusões dos alunos, construir com eles o conceito de fluxo de indução.• Apresentar, de maneira expositiva, a história da descoberta do eletromagnetismo, por Oersted e as consequências de suas descobertas na Europa. Pode ser utilizado o artigo: Oersted e a descoberta do eletromagnetismo (MARTINS, 1986) ou o texto: “Breve história do nascimento do eletromagnetismo” desse guia.• Conduzir com os alunos um diálogo sobre essa descoberta e suas consequências.
V. Recursos didáticos: Quadro Branco e artigo “Oersted e a descoberta do eletromagnetismo” (MARTINS, 1986) ou o texto: Breve histórico da dissertação.
VI. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e “Oersted e a descoberta do eletromagnetismo” – Roberto de A. Martins link: http://www.ghc.usp.br/server/pdf/ram-30.pdf ou o texto: “Breve história do Breve história do eletromagnetismo: de Oersed a Faraday” desse guia.

Comentários:

Nessa aula a discussão ocorre com a turma inteira, ou seja, o objetivo inicial desse encontro é promover uma discussão entre alunos de grupos diferentes, a fim de que ocorra troca de ideias entre eles. O professor retoma o questionário produzido no final do experimento e instiga um debate entre os alunos, para rediscutir concepções alternativas identificadas por ele.

A mediação do professor busca promover uma discussão entre os alunos. O professor participa apenas como um integrante da discussão, e não como a figura principal, a fim de promover uma aula dialógica.

Recomenda-se direcionar o início da discussão para as questões **b**, **c** e **d** do questionário proposto com o experimento (ver atividade experimental 1). Depois direcionar para o item **a** do questionário. A ideia, aqui, é aproveitar a representação de campo magnético feita pelos alunos e a discussão gerada para introduzir o conceito de fluxo de indução. Vale lembrar que é importante que esse conceito seja construído junto com os alunos e não simplesmente exposto.

No fim da aula, desenvolver uma discussão sobre a descoberta de Oersted e suas consequências na Europa e mostrar a complexidade da construção de um modelo consistente para o campo magnético, associado a uma corrente elétrica.

No fim do encontro, o professor deixa como tarefa a leitura do artigo: **Michael Faraday: O caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética** (DIAS, MARTINS 2004) ou o texto: **Breve história do eletromagnetismo: de Oersted a Faraday**, que se encontram no final desse guia.

Encontro 3

I. Plano de Aula: Encontro 3: Experimento de Faraday
II. Conteúdo: Princípio da indução eletromagnética e História do eletromagnetismo: Faraday.
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">• Princípio da Indução Eletromagnética.• História do eletromagnetismo: o princípio da indução eletromagnética de Faraday.
IV. Objetivos gerais: <ul style="list-style-type: none">• Entender a indução eletromagnética. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Identificar as variáveis pertinentes para descrever a indução de corrente elétrica em uma bobina.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">• Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos).• Propor uma situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo magnético pode ser acompanhado de corrente elétrica em fio condutor?”• Realizar o experimento demonstrativo-investigativo de Indução eletromagnética utilizando o Kit da atividade experimental 2.• Debater ideias e hipóteses acerca do experimento de indução.• Apresentar, de maneira expositiva, a história da descoberta da indução eletromagnética por Faraday. Pode ser utilizado, para isso, o artigo “Michael Faraday: o Caminho Da Livraria à descoberta da indução eletromagnética” - Valéria S. Dias e Roberto de A. Martins ou o texto: “Breve história do nascimento do eletromagnetismo”, desse guia.• Conduzir com os alunos um diálogo sobre essa descoberta e suas consequências.
VII. Recursos didáticos: Atividade Experimental 2 e artigo : “Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética” (DIAS, MARTINS, 2004) ou o texto: Breve histórico, da dissertação.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e artigo “Michael Faraday: o Caminho Da Livraria à descoberta da indução eletromagnética” - Valéria S. Dias e Roberto de A. Martins link: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/14.pdf ou texto: “Breve história do eletromagnetismo: de Oersed a Faraday”, desse guia.

Comentários:

Nessa aula, se não houver kits suficientes para cada grupo, o professor pode dispor dois kits para a turma e os grupos revezam a utilização desses kits. Caso isso ocorra, o professor precisa controlar esse revezamento, para permitir o compartilhamento do tempo de uso dos experimentos e de forma que todos os alunos possam manipulá-los o experimento. Outra possibilidade é o professor manipular o experimento, a pedido dos alunos, de maneira demonstrativa.

A motivação dessa aula é a seguinte situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível? Campo magnético pode ser acompanhado de uma corrente elétrica em um fio condutor?” O professor propõe essa situação-problema a fim de instigar e motivar os grupos a manipularem o experimento em busca da solução do problema.

Assim como ocorreu no primeiro encontro, essa é uma aula de observação para o professor na qual ele medeia as atividades realizadas pelos alunos, apenas instigando-os com perguntas ou/e questionamentos. É importante que as hipóteses e respostas surjam dos próprios alunos. A autonomia dos alunos é um dos pontos fundamentais dessa proposta. Espera-se que os alunos sejam protagonistas de sua própria aprendizagem.

Assim como ocorreu no primeiro encontro, o professor medeia as discussões entre os integrantes do grupo e evita trocas de ideias entre grupos, pois isso ocorrerá no próximo encontro (explicar isso à turma). Mais uma vez, é interessante que o professor identifique concepções alternativas apresentadas pelos alunos, para que elas possam ser retomadas em discussões posteriores.

Para a abordagem expositiva da história da descoberta do eletromagnetismo por Faraday, o texto base (artigo sugerido) pode ser disponibilizado para os alunos com antecedência, pois, assim como na primeira abordagem histórica (descoberta de Oersted), é interessante que eles já tenham conhecimento da história a fim de possibilitar uma troca de ideias durante a aula.

Atividade Experimental 2

Indução eletromagnética

Objetivo:

1. Investigar o fenômeno da indução eletromagnética em diversas bobinas.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

2. Bobinas diversas e núcleo de ferro
3. Ímãs diversos
4. Amperímetros diversos
5. Fios para conexão
6. LED's diversos (opcional)

Figura 4A - Bobinas e núcleos de ferro utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5A - Ímãs utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6A - Amperímetros e fios para conexão utilizados na atividade experimental 2.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Atividade Experimental:

Essa atividade experimental utiliza também uma abordagem com alto grau de liberdade intelectual. Os alunos só recebem do professor o problema e o material e ficam responsáveis por todo trabalho intelectual e operacional (Grau IV – ver Referencial teórico na dissertação). Os alunos ficam livres para planejar, propor hipóteses e coletar dados, ou seja, realizar a atividade de maneira autônoma. Pode

ser difícil conseguir um kit para cada grupo, assim, como sugestão, pode ser utilizados dois ou três kits, que ficarão em mesas separadas e os grupos devem revezar sua manipulação.

Nessa atividade, o professor propõe as seguintes perguntas:

- Como é possível obter corrente elétrica a partir de um campo magnético? Quais as variáveis relevantes? (descreva)
- A corrente no experimento é contínua? (Explique)

Comentários:

Esse experimento segue a mesma abordagem da atividade experimental 1, o professor atua como um observador, instigando os alunos a levantar hipóteses. As discussões devem ficar restritas aos membros do grupo. Mais uma vez sugere-se que o professor evite a troca de informações entre alunos de grupos diferentes.

Encontro 4

I. Plano de Aula: Encontro 4: discussão do experimento de indução eletromagnética realizado na aula anterior.
IV. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
III. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">● Aprofundar entendimento sobre as variáveis pertinentes para descrever a indução de corrente elétrica em uma bobina.● Entender a relações entre as variáveis pertinentes a fim de construir as leis de Faraday e Lenz.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">● Debater ideias, hipóteses e descobertas que surgiram durante do experimento de indução eletromagnética com os outros alunos dos outros grupos.● Debater a história do eletromagnetismo.● Convidar os alunos a debaterem com a turma inteira as ideias sobre os procedimentos adotados, as hipóteses levantadas, as discussões ocorridas e descobertas no experimento realizado na aula anterior (experimento de indução eletromagnética).● Aproveitando as discussões e conclusões dos alunos, construir com eles o princípio de indução eletromagnética conceitualmente.● Formular a Lei de Faraday em conjunto com a turma.● Realizar o experimento demonstrativo-investigativo Freio Magnético (atividade experimental 3)● Resolver o exercício de queda de ímã atravessando uma espira● Formular a Lei de Lenz em conjunto com toda a turma.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco. Atividade Experimental 3.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola.

Comentários:

Nessa aula, a discussão ocorre na turma inteira, ou seja, o objetivo desse encontro é promover uma discussão entre alunos de grupos diferentes, a fim de que ocorra troca de ideias entre eles.

Assim como no encontro 2, a mediação do professor procura instigar e promover uma discussão entre os alunos. Sugere-se que o professor procure evitar ser o centro das discussões, deixando os alunos como figuras centrais e ativas desse debate. Em resumo, o professor pode seguir as mesmas recomendações do encontro 2.

O professor constrói com os alunos (durante o debate) a expressão matemática da lei de Faraday baseando-se no entendimento das relações entre as variáveis pertinentes, em invés de simplesmente apresentá-la de maneira puramente formal. Se a turma já tiver conhecimentos a respeito de derivada, também é possível discutir a lei de Faraday como taxas variacionais.

Recomenda-se que as discussões a respeito da Lei de Lenz ocorram a partir da situação-problema mostrada abaixo. Em conjunto com essa situação-problema, o professor pode realizar a demonstração investigativa (para mais detalhes, ver capítulo Referencial teórico da dissertação) o experimento do freio magnético (ver atividade experimental 3).

Situação-problema:

Um ímã em forma de barra reta, inicialmente em repouso em relação à espira circular, é abandonado acima dela e cai, atravessando-a.

Qual é o sentido da corrente induzida na espira:

- a) enquanto o ímã está em repouso em relação a ela?**
- b) um pouco antes de o ímã atravessar a espira?**
- c) logo após a passagem completa do ímã pela espira?**

Atividade Experimental 3

Freio Magnético

Objetivo:

- Introduzir a Lei de Lenz.
- Evidenciar um fenômeno de transferência de energia relacionado com indução eletromagnética.

Grupos: atividade experimental demonstrativo-investigativa.

Material utilizado

- Cinco pequenos ímãs de neodímio
- Pequeno parafuso
- Pequeno pino de madeira
- Tubo de cobre (entre 1m a 1,5m)

Atividade experimental (Demonstração Investigativa):

A demonstração consiste em deixar cair os diversos materiais, o parafuso, o pino de madeira e o ímã de neodímio dentro do tubo de cobre e observar o tempo de queda. A questão a ser investigada é:

- Por que o tempo de queda do neodímio é muito maior do que o dos outros materiais?

Comentários:

Essa atividade experimental é uma demonstração investigativa. Demonstração porque é o professor que irá realizar as manipulações para toda turma. Investigativa, pois o professor instiga os alunos a levantar hipóteses que possam explicar por que o tempo de queda do neodímio é maior. Assim, o professor vai repetindo o experimento sempre que solicitado, a fim de testar as hipóteses dos alunos ou como forma de responder algum questionamento.

Encontro 5

I. Plano de Aula: Encontro 5: Aula de Exercícios
II. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Resolução de exercícios
IV. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Desenvolver habilidades para a resolução de exercícios de indução eletromagnética.• Saber empregar os conceitos discutidos nas aulas anteriores nos exercícios propostos.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">• Propor aos alunos exercícios a respeito de indução eletromagnética.• Os alunos devem resolver os exercícios individualmente.• Retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente a fim de começar a discutir algumas aplicações da indução eletromagnética, principalmente quanto à produção de energia elétrica.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático, lista de exercícios.
VII. Avaliação: Identificação de possíveis concepções alternativas, observação das atitudes e das resoluções propostas pelos alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros textos que o professor julgar necessário.

Comentários:

Essa é uma aula de exercícios, porém recomenda-se que o professor procure observar as atitudes dos alunos durante a resolução dos exercícios. Outra recomendação é que os alunos sejam livres para resolver a quantidade de exercício que quiserem enquanto o professor instiga/motiva os alunos a resolverem todos os exercícios propostos e a discutir individualmente, se possível, ou em pequenos grupos, a solução encontrada e como ele o está relacionada ao que foi discutido até agora.

É importante que neste primeiro encontro de exercícios o professor proponha exercícios, em sua maioria, conceituais. Sem excluir, é claro, exercícios com soluções numéricas, para os quais é necessário desenvolver habilidades específicas. Em geral, recomenda-se que os exercícios tenham um caráter de desafio/problema.

Nesse encontro, a mediação do professor procura responder eventuais questionamentos que aparecem durante a resolução dos exercícios. É importante evitar dar respostas, soluções prontas, a fim de promover a postura ativa dos alunos.

O professor pode, também, retomar as conclusões e conceitos abordados e discutidos até então, com o propósito de começar a conversar com os alunos sobre algumas aplicações da indução eletromagnética, principalmente quanto à produção de energia elétrica.

Encontro 6

I. Plano de Aula: Encontro 6: Aplicações da Indução Eletromagnética
II. Conteúdo: Aplicações da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Discussão e apresentação de aplicações da Indução eletromagnética.
IV. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">● Identificar-Reconhecer aplicações da indução eletromagnética.● Saber debater sobre a importância das aplicações da indução eletromagnética nos dias atuais.● Saber relacionar os princípios da indução eletromagnética com a produção e transmissão de energia elétrica (corrente alternada).● Formular (em conjunto com a turma) a expressão matemática para o transformador de tensão e compreender seu princípio de funcionamento.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">● Apresentar de maneira expositiva diversos exemplos de aplicação da indução eletromagnética.● Funcionamento do Transformador de Tensão.● Conduzir com os alunos uma discussão a respeito das aplicações da indução eletromagnética.
VI. Recursos didáticos: Datashow para apresentação de imagens e/ou vídeos.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das discussões ocorridas entre os alunos (avaliação diagnóstica e formativa).

Comentários:

Nesse encontro o professor pode começar apresentando de maneira expositiva, diversas aplicações da indução eletromagnética no dia a dia. Recomenda-se que o professor, a fim de instigar e motivar os alunos, pergunte se eles sabem citar exemplos do uso da indução eletromagnética.

O exemplo mais comum da indução eletromagnética é o seu uso na produção de energia elétrica, assim, como sugestão, o professor pode propor um

trabalho/pesquisa sobre os diferentes tipos de usinas de energia, suas vantagens e desvantagens a fim de propor um debate entre os alunos a respeito do tema.

Alguns exemplos da aplicação do princípio da indução eletromagnética são:

- Produção de energia elétrica.
- Transformadores de Tensão.
- O Forno de Indução (Correntes de Foucault)
- Freio Magnético.
- Transdutores (Microfones, agulhas dos discos de vinil, fitas-cassete, cartões magnéticos).
- Receptores-transmissores.
- Aplicações militares.

Dependendo da turma e/ou da proposta de planejamento do professor, pode-se aprofundar um pouco mais no funcionamento do transformador de tensão, inclusive construindo em conjunto com os alunos a expressão para a transformação da tensão elétrica. Outra opção é aproveitar esse encontro para começar a se discutir com os alunos a corrente alternada e suas especificidades em relação à corrente contínua. Recomenda-se que o transformador de tensão seja discutido a partir de uma situação problema.

Sugestão:

Situação-problema: “Como seria possível transmitir energia elétrica de um circuito fechado para outro circuito fechado independente”.

Assim como em encontros anteriores, é fundamental a discussão entre alunos. Ainda que nesse encontro a “fala do professor” seja predominante, o ele pode procurar instigar e motivar os alunos com perguntas e hipóteses, a fim de que eles discutam, inclusive entre si, essas diversas aplicações da indução eletromagnética que fazem parte do seu dia a dia.

Encontro 7

I. Plano de Aula: Encontro 7: Aula de Exercícios
IV. Conteúdo: Princípio da Indução Eletromagnética.
II. Tema: Resolução de exercícios
III. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">● Aprofundar habilidades de resolução de exercícios.● Saber adaptar os conceitos às situações ou exercícios propostos.● Saber relacionar os casos presentes nos exercícios com exemplos de aplicações de indução eletromagnética discutidos no encontro anterior.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">● Propor aos alunos exercícios a respeito de indução eletromagnética.● Os alunos devem resolver os exercícios individualmente.● Retomar as conclusões e conceitos abordados anteriormente, inclusive as aplicações discutidas.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático, lista de exercícios.
VII. Avaliação: Observação das atitudes e das resoluções propostas pelos alunos (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros texto que o professor julgar necessário.

Comentários:

Essa aula, segue em geral, as mesmas recomendações apresentadas na aula de exercícios anterior (encontro 5). Recomenda-se que a maioria dos exercícios propostos sejam com soluções numéricas para os quais seja necessário desenvolver habilidades específicas. Sugere-se uma seleção de exercícios com caráter de desafio/problema.

O professor pode retomar os exemplos de aplicação da indução eletromagnética discutidos na aula anterior. Sugerimos que o professor observe as atitudes dos alunos durante a resolução dos exercícios. Recomendamos que os alunos sejam livres para resolverem a quantidade de exercícios que quiserem. O papel do

professor é instigar/motivar os alunos a resolverem todos os exercícios propostos. É importante lembrar que o professor deve evitar dar respostas e soluções, a fim de promover a postura ativa dos alunos.

Encontro 8

I. Plano de Aula: Encontro 8: Encerramento e Avaliação da UEPS
II. Conteúdo: Aplicações da Indução Eletromagnética.
III. Tema: Encerramento e revisão do conteúdo. Avaliação da UEPS.
IV. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">● Identificar-Reconhecer aplicações da indução eletromagnética.● Saber debater sobre a importância das aplicações da indução eletromagnética nos dias atuais.● Saber relacionar os princípios da indução eletromagnética com a produção e transmissão de energia elétrica.● Avaliar, junto com os alunos, a UEPS.
V. Desenvolvimento do tema: <ul style="list-style-type: none">● Retomar os conceitos e as aplicações de induções eletromagnéticas discutidas ao longo dos encontros. Os alunos devem resolver os exercícios individualmente.● Abordar mais detalhadamente o processo de produção de energia elétrica.● Revisar de maneira breve toda eletrodinâmica.● Promover uma avaliação dos alunos a respeito da UEPS.
VI. Recursos didáticos: Quadro Branco, livro didático.
VII. Avaliação: Observação das atitudes dos alunos e ouvir a avaliação deles a respeito da UEPS (avaliação diagnóstica e formativa).
VIII. Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola e/ou outros livros texto que o professor julgar necessário.

Comentários:

Nesse encontro o professor propõe uma discussão retomando as aplicações já discutidas anteriormente e então ele pode dar ênfase ao processo de produção de energia. O professor pode abordar de maneira expositiva detalhes do processo de produção de energia e da corrente alternada e suas especificidades. Essa discussão com os alunos pode abranger os diversos tipos de usinas, instigando os alunos a debaterem sobre suas diferenças, vantagens e desvantagens.

Encerrando a discussão sobre produção de energia, o professor pode começar uma revisão de todo o conteúdo de eletrodinâmica, dialogando com os alunos sobre todo o processo de transformação de energia no circuito elétrico, desde a energia sendo produzida na usina de energia, sua transmissão (incluindo as mudanças de intensidade na f.e.m) e seu uso pelos aparelhos elétricos em geral. Caso esse conteúdo de indução eletromagnética seja o último conteúdo do ano, essa discussão pode ser usada como revisão e fechamento do conteúdo do ano letivo.

Por fim, o final desse encontro é dedicado à avaliação dos alunos em relação a essa proposta de UEPS. O professor promove um diálogo com os alunos sobre a opinião deles em relação à abordagem de ensino utilizada para o conteúdo de indução eletromagnética.

Encontro 9

I. Plano de Aula: Encontro 9 : Avaliação somativa
II. Conteúdo: Avaliação do conteúdo de indução eletromagnética.
III. Objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Avaliar com uma prova formal a aprendizagem.

Comentários:

Esse encontro é destinado à avaliação formal do conteúdo. Recomenda-se que o professor planeje essa avaliação procurando explorar os conceitos e aplicações da indução eletromagnética discutidos ao longo dos encontros.

Breve História do Eletromagnetismo: de Oersted a Faraday

Atribui-se a Oersted a descoberta da interação entre eletricidade e magnetismo, no início do século XIX. Nascido em Rudkobing, Dinamarca, em 14 de agosto de 1777, ele teve ótima formação básica e, na farmácia do pai, aprendeu química e Física. Lendo todos os livros que conseguia encontrar, adquiriu uma boa formação humanística (MARTINS, 1986). Aos 17 anos, entrou para a Universidade em Copenhague, onde se formou farmacêutico e depois terminou seu doutorado em Filosofia. Entre 1801 e 1803 visitou, por meio de uma bolsa de estudos no exterior, Alemanha, Holanda e França, período em que estabeleceu grandes e importantes contatos pessoais com cientistas e intelectuais (MARTINS, 1986). Em 1804, retornou à Dinamarca, passando a lecionar Física na universidade.

Pouco depois da invenção da pilha de Volta, Johann Wilhelm Ritter afirmou ter descoberto muitas semelhanças entre os efeitos químicos da pilha elétrica e de ímãs. Alguns resultados foram divulgados por seu amigo Oersted, que afirmou ter presenciado esses efeitos. A escola alemã, influenciada pela Filosofia da Natureza, acreditava na unidade de todas as forças e procurava estabelecer uma relação entre aqueles dois tipos de fenômenos (MARTINS, 1986). Esses trabalhos tiveram uma influência decisiva nas investigações de Oersted. Voltando à Dinamarca, passou a admitir a hipótese de que os fenômenos magnéticos possam ser produzidos pela eletricidade.

O próprio Oersted, em seu artigo escrito em 1820, durante a preparação de uma aula para o curso de eletricidade e magnetismo, conjecturou que, se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isso não poderia ocorrer na direção da corrente, pois já havia tentado isso várias vezes e em todas se mostrou em vão, mas talvez, poderia ocorrer por uma ação lateral, semelhante aos efeitos luminosos e caloríficos da corrente. Como esses efeitos dependiam de uma grande quantidade de eletricidade, ele não esperava observar um grande efeito magnético da pilha galvânica, chegando a supor que a eletricidade necessária deixaria o fio condutor incandescente. Oersted, então, testou a ideia na própria aula e conseguiu um modesto sucesso. A agulha foi perturbada, mas como o efeito era muito fraco e irregular não impressionou muito o público presente. Em julho de 1820, retornou ao

experimento utilizando um aparelho galvânico mais poderoso e embora os efeitos fossem ainda fracos nos primeiros experimentos, o sucesso foi evidente.

O experimento de Oersted foi realmente revolucionário, tendo suas primeiras repercussões na França. O físico francês Arago, o primeiro a tomar conhecimento, chegou a declarar inicialmente que aquilo era impossível e só se convenceu após assistir a uma repetição da experiência em agosto de 1820, em Genebra (MARTINS, 1986). A grande dificuldade era aceitar a novidade sob o ponto de vista da simetria do fenômeno – uma agulha imantada, se colocada sobre o fio, gira para um lado e, colocada abaixo, gira no sentido oposto. De fato, a ideia de um efeito magnético circulando em torno do fio era tão inverossímil que surgiram várias tentativas de refutá-la, todas sem sucesso. O problema existente na época estava relacionado com o problema de simetria (MARTINS, 1988). Porém, à medida que o experimento de Oersted era repetido, a comunidade científica passou a reconhecer o trabalho.

Ainda em 1820, meses após a publicação do experimento de Oersted, o físico francês Ampère apresentou um trabalho em que descrevia um aparelho que utilizaria o efeito eletromagnético para a medida de corrente elétrica, chamando-o de “galvanômetro”. Em seguida, uma semana depois, demonstrou a interação entre duas correntes elétricas, que se atraem quando são paralelas e no mesmo sentido, e se repelem quando em sentido oposto, sugerindo que o magnetismo é um fenômeno secundário, e que na superfície dos ímãs existiriam correntes elétricas fechadas, responsáveis por seus efeitos. Em 1823, dois físicos franceses, Biot e Savart, apresentaram a expressão matemática para a força magnética produzida pelas correntes sobre uma agulha imantada, conhecida como Lei de Biot-Savart. Ampère dedicou-se a aprimorar o trabalho de Oersted e, como resultado de suas análises, defendeu existência de uma relação intrínseca de causa e efeito, entre a corrente elétrica e a agulha imantada, de forma que sempre que ocorre deflexão de uma agulha imantada nas proximidades de um condutor, podia-se garantir a existência de corrente no condutor (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). O experimento de Oersted e o enorme número de publicações relacionados à ele que surgiram por volta de 1821 despertaram o interesse de Michael Faraday.

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butt, na Inglaterra, filho de um modesto ferreiro. Sua família foi para Londres quando Faraday tinha cinco anos. Faraday teve pouca formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Em 1804, com 13 anos, Michael Faraday foi trabalhar como aprendiz numa loja de encadernação. Nesse contato com os livros, ele teve a oportunidade de melhorar sua formação. Sem uma formação escolar regular, iniciou sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy. Acompanhando-o em viagens pela Europa, conheceu Ampère, Gay Lussac, Arago, Humboldt, Rumford e Volta, o que trouxe um grande enriquecimento científico para ele. Utilizando o laboratório de Davy, Faraday pôde tornar-se um grande experimentador.

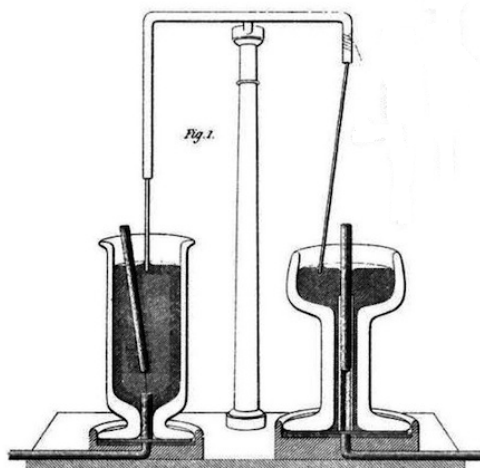
O experimento de Oersted também gerou grande interesse em Humphry Davy que começou a investigar o assunto (MARTINS, 1986). Ele realizou vários experimentos tendo Faraday como seu assistente, sendo esse o primeiro contato de Faraday com o eletromagnetismo.

Richards Phillips, editor dos “Annals of Philosophy”, querendo ter uma compreensão maior do experimento de Oersted (pois existiam muitas teorias conflitantes a respeito do experimento) pediu ao amigo Faraday que investigasse o assunto e escrevesse um texto sobre ele (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Assim Faraday refez várias experiências, estudou as diferentes teorias e propôs novos experimentos (publicados anonimamente, a pedido de Faraday).

Suas primeiras experiências foram guiadas pela ideia (que, atualmente, sabemos estar errada) de que um fio percorrido por corrente deveria atrair ou repelir os polos magnéticos de uma agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). Porém, ao repetir o experimento por diversas vezes alcançou o resultado mais importante dos experimentos: Faraday se convenceu de que, ao invés de sofrer atração e repulsão, o polo magnético da agulha tendia a girar em torno do fio condutor. Esses resultados eram compatíveis com a interpretação de Oersted que descrevia os movimentos de rotação da agulha magnética (DIAS, MARTINS, 2004). No mesmo ano, em 1821, publicou um artigo no qual apresentou um experimento (ver figura 7A) em que um fio condutor podia girar livremente em torno de um ímã fixo (à direita na figura 7A) e um

ímã podia, também, girar livremente em torno de um fio condutor fixo (à esquerda na figura 7A). As rotações eletromagnéticas se tornaram uma importante contribuição ao desenvolvimento da nova área.

Figura 7A - Rotação de um ímã em torno de um condutor e vice-versa.



Fonte: LIMA (2014).

Estes experimentos levaram a uma intensa correspondência com Ampère, que chegou a escrever para Faraday descrevendo a repetição e análise dos experimentos de rotação eletromagnética, e sugerindo que tais experimentos poderiam ser utilizados como provas da existência das correntes elétricas no interior dos ímãs e, dessa análise, concluiu toda ação eletromagnética se dava em linha curva.

Por consequência da correspondência com Ampère, Faraday conheceu, em 1825, o livro escrito por Demonferrand: “Manuel d’électricité dynamique”, em que o autor afirmava que um fio percorrido por corrente elétrica tendia a induzir uma corrente permanente e de mesmo sentido em outro fio colocado próximo ao primeiro (GUERRA, REIS, BRAGA, 2004). Acreditando que as afirmações presentes no livro estavam respaldadas por Ampère, Faraday considerou-as como verdadeiras em suas investigações a respeito das correntes induzidas. A partir desse momento, Faraday passou a ter interesse a respeito dos possíveis casos de indução. A experiência de Oersted mostrou que uma corrente elétrica produzia um efeito magnético. Assim, se a unidade era algo fundamental na natureza, por que um fenômeno magnético, provocado por um ímã, não poderia produzir corrente elétrica?

Buscando evidências experimentais de fenômenos relacionados à indução, Faraday construiu diversos experimentos. O primeiro deles consistiu em conectar os polos de uma bateria por um fio metálico, em forma de solenóide, com a extremidade ligada a um galvanômetro. Dentro do solenóide foi inserido um ímã e procurou-se observar alguma deflexão na agulha do galvanômetro (DIAS, MARTINS, 2004). Faraday considerou o experimento um fracasso, pois nada foi observado. Depois disso, realizou outro experimento em que mostrou, com pouco sucesso, que ao se conectar e desconectar uma pilha voltaica de um circuito, era possível induzir corrente em outro circuito próximo.

Em agosto de 1831, Faraday descreveu um anel de ferro doce que construiu para um experimento (ver figura 8A). O anel era constituído de um grupo de espiras de fio de cobre enroladas ao redor de uma metade do anel, e outro grupo de espiras de fio de cobre na outra metade. A extremidade de um dos lados foi conectada a um fio de cobre passando sobre uma agulha magnética. Assim, a agulha ao mover-se indicaria a passagem de uma corrente nesse grupo de espiras do anel. No outro lado, as extremidades foram conectadas a uma bateria voltaica que, quando ligada ou desligada ao grupo, uma corrente transitória era detectada no grupo do outro lado do anel, uma vez que a agulha imantada se movia. Neste primeiro experimento bem sucedido, o que Faraday encontrou foi o efeito de uma corrente elétrica sobre outra, e não de um ímã sobre uma corrente elétrica. História essa diferente daquela que geralmente aparece nos livros didáticos ao se introduzir a indução eletromagnética.

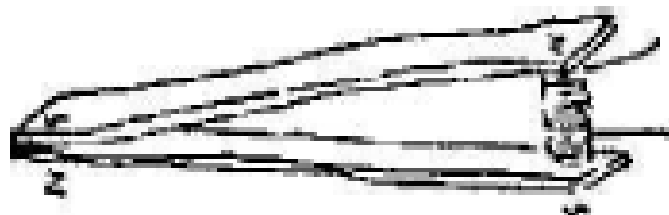
Figura 8A - Anel de ferro utilizado por Faraday na descoberta da indução eletromagnética.



Fonte: PEREIRA (2009).

Faraday realizou uma série de experiências com esse experimento e começou a perceber uma possível relação entre o aparecimento de uma corrente induzida e o movimento, o que o levou a construir um experimento utilizando uma espécie de pinça formada por dois ímãs.

Figura 9A - Experimento da pinça.



Fonte: DIAS, MARTINS (2004).

Neste experimento mostrado na figura 9A, Faraday obteve (pela primeira vez) corrente elétrica induzida pela ação de um ímã permanente. Assim, a partir das indagações consequentes desse experimento, em outubro de 1831, Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina. O experimento consistia de um cilindro de papel, oco, coberto por enrolamentos de fio de cobre, sendo as extremidades conectadas a um galvanômetro por longos fios de cobre. Uma série de experiências realizadas com esses experimentos levou Faraday a formular uma lei da indução.

Em publicações posteriores apresentou sua ideia de linhas de forças e de que todas as situações de indução eram provocadas por variações nas linhas de força magnética. Admitiu que não apenas os ímãs e as bobinas apresentavam ao seu redor linhas de força magnética, mas um fio condutor também estaria, quando percorrido por corrente, envolvido por tais linhas de força, que se apresentavam em forma de anéis, cuja intensidade diminuía conforme aumentava a distância ao fio.

O princípio descoberto por Faraday como resultado de seus trabalhos, completava a descoberta do eletromagnetismo por Oersted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos induzidos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas.

Por fim, não podemos deixar de mencionar o trabalho e as pesquisas desenvolvidas no campo do eletromagnetismo pelo norte-americano Joseph Henry. Henry nasceu em 1797 em Albany nos Estados Unidos da América, numa família pobre de ascendência escocesa. Foi um dos primeiros grandes cientistas norte-americanos após Benjamin Franklin.

Em 1829, Henry fez importantes melhorias no desenvolvimento de eletroímãs. Ao trabalhar no isolamento do enrolamento, Henry conseguiu um grande aumento da força magnética exercida pelo eletroímã. Foi durante esses estudos que Henry notou, pela primeira vez, o fenômeno de autoindução, em 1832, e três anos depois, criou e construiu o primeiro motor elétrico. Quando Faraday realizou seus experimentos em 1831, Henry já havia observado o fenômeno um ano antes. Ao longo das suas investigações em eletricidade e magnetismo, Henry descobriu as leis que regem o funcionamento do transformador de corrente elétrica e compreendeu que as correntes elétricas podiam ser induzidas à distância.

Referências

DIAS, V. S.; MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**. Bauru, v.10, n.03, p. 517-530, 2004.

GUERRA, A.; REIS J. C; BRAGA M.; Uma abordagem histórico-filosófico para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2: p. 224-248, 2004.

LIMA, S. P. **Reapreciação da gênese do electromagnetismo clássico**, Dissertação Mestrado. Universidade de Lisboa. Lisboa: 2014.

MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino de Física. **Cadernos Catarinenses de ensino de Física**, Florianópolis, n. 5, p. 49-57, 1988.

MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Campinas, n. 10, p. 89-114, 1986.

PEREIRA, A. G. **Um estudo histórico da evolução do conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Carlos: 2009.