



## Material de Apoio ao Professor de Física

### ENSINO APRENDIZAGEM DA LEI DE FARADAY

Manaus-AM

2021

**WILGUEM TORRES DA SILVA**

**ENSINO APRENDIZAGEM DA LEI DE FARADAY**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) Polo 4: UFAM/ IFAM, promovido pela Sociedade Brasileira de Física. Como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e com o apoio financeiro da Fundação à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM)

**Orientador:** Prof. Dr. José Roberto Viana Azevedo

**Manaus**

**2021**

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho contém o produto educacional que foi desenvolvido no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) em parceria com a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O presente material é destinado a docentes que possuem interesse em trabalhar com a das quatro leis fundamentais do eletromagnetismo “Lei de Faraday”.

O processo ensino-aprendizagem no ensino de Física tem sido aperfeiçoado a cada dia com o uso de métodos e práticas pedagógicos centrados no aluno. Este produto educacional será organizado de forma que possa auxiliar o trabalho docente em sala de aula. Desta forma, busca-se relacionar o conhecimento científico a prática do cotidiano, proporcionando uma aprendizagem significativa e duradoura. Para isso, será utilizada uma sequência didática constituída de experimento, roda de conversa, o uso do simulador Phet Física e questionários diagnósticos.

O desenvolvimento do produto educacional ocorreu em meio à pandemia do Covid - 19, onde as aulas tiveram que ser adaptadas em dois semestres. O primeiro semestre às aulas foram online e o segundo presencial. A aplicação do produto educacional ocorreu por meio de 6 (seis) encontros organizados de forma dinâmica para obter o melhor desempenho dos alunos. O processo de formação de ancoradouro ocorrerá em cada encontro, pois a formação dos subsunçores servirão de base para o próximo encontro. Desta forma, pretendesse que haja uma aprendizagem duradoura através da interação entre teoria e prática.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: INTRUDUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 2: LEI DE FARADAY</b> .....	2
<b>CAPÍTULO 3: RESUMO DOS ENCONTROS</b> .....	5
<b>CAPÍTULO 4: SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	6
4.1 PRIMEIRO ENCONTRO .....	6
4.2 SEGUNDO ENCONTRO .....	6
4.3 TERCEIRO ENCONTRO .....	7
4.4 QUARTO ENCONTRO .....	8
4.5 QUINTO ENCONTRO .....	8
4.6 SEXTO ENCONTRO .....	9
<b>CAPÍTULO 5: DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	10
5.1 ESQUEMA DO PRIMEIRO ENCONTRO .....	10
5.1.1 DESCRIÇÃO DO PRIMEIRO ENCONTRO .....	10
5.1.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1 – EXPERIMENTO DE OERSTED .....	11
5.1.3 COMENTÁRIO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1 .....	12
5.2 ESQUEMA DO SEGUNDO ENCONTRO .....	13
5.2.1 DESCRIÇÃO DO SEGUNDO ENCONTRO .....	13
5.3 ESQUEMA DO TERCEIRO ENCONTRO .....	14
5.3.1 DESCRIÇÃO DO TERCEIRO ENCONTRO .....	14
5.4 ESQUEMA DO QUARTO ENCONTRO .....	15
5.4.1 DESCRIÇÃO DO QUARTO ENCONTRO .....	16
5.4.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 2 – MOTOR ELÉTRICO .....	16
5.4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 3 – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA .....	17
5.5 DESCRIÇÃO DO QUINTO ENCONTRO .....	19
5.5.1 DESCRIÇÃO DO QUINTO ENCONTRO .....	19
5.6 ESQUEMA DO SEXTO ENCONTRO .....	20
5.6.1 DESCRIÇÃO DO SEXTO ENCONTRO .....	20
<b>FECHAMENTO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

A aprendizagem Significativa de David Ausubel proporciona o desenvolvimento de sequência didática que pode tornar as aulas mais dinâmicas e prazerosas. Possibilitando a interação entre teoria e prática de forma organizada na estrutura cognitiva.

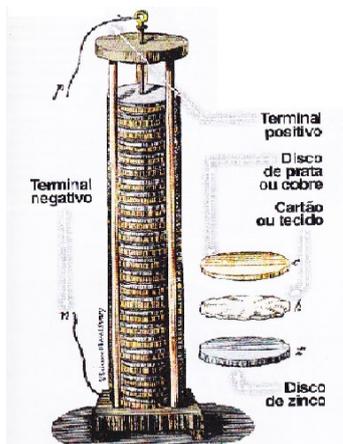
Este produto educacional é constituído de uma sequência didática para o ensino da Lei de Faraday da indução eletromagnética, onde busca demonstrar como ocorre o processo de geração de energia elétrica e os motores elétricos simples.

A sequência didática foi elaborada com a intenção de desenvolver uma aprendizagem significativa que elenca o conhecimento empírico e o conhecimento científico. O processo de ensino-aprendizagem será constituído de seis encontros, onde se utilizará uma prática didática com questionário diagnóstico, experimentos, simuladores e vídeos.

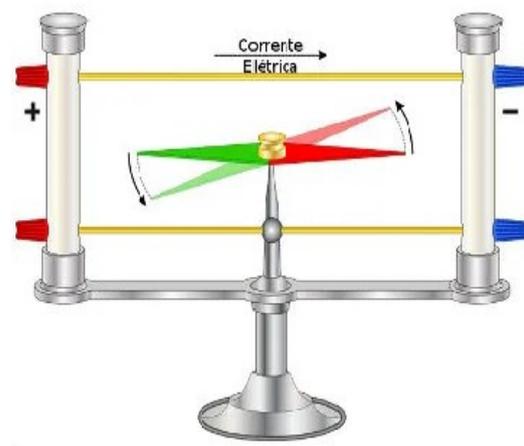
## CAPÍTULO 2: LEI DE FARADAY

A lei de Faraday foi uma das grandes descobertas da ciência que contribuiu para desenvolvimento da humanidade através do processo de geração de energia elétrica e que influenciou o desenvolvimento tecnológico e científico, além disso há a nova proposta do Novo Ensino Médio, onde a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe entre outros um aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia (BNCC, 2002). Esses são alguns fatores que demonstram a importância do conhecimento esta lei no ensino médio.

No início do século XIX, o único dispositivo capaz de gerar corrente elétrica era a pilha de Alessandro Volta (Figura 1), que era constituída de dissolução de metais em ácidos (ALBERTO GASPARG, 2013, p.118). Em 1820, o professor de ciências dinamarquês Hans Christian Oersted verificou que ao aproximar uma bússola de um fio com corrente elétrica a agulha de uma bússola sofria uma deflexão (Figura 2). Ele tinha descoberto a evidência de que havia uma relação entre eletricidade e magnetismo (MÁXIMO; ALVARENGA; COSTA, 2016, p. 153). A dúvida que surgiu entre a comunidade científica da época foi se o magnetismo podia gerar eletricidade.



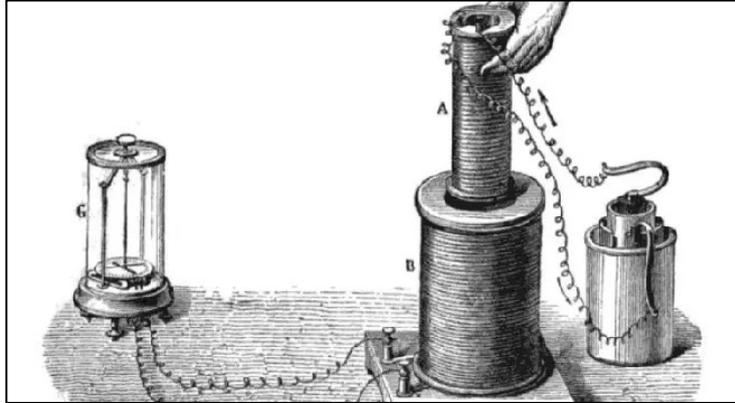
**Figura 1:** Pilha de Alessandro Volta. Fonte: <https://blog.fornell.com.br/>



**Figura 2:** Experimento de Oersted. Fonte: <https://mundoeducacao.oul.com.br>

Então, no dia 29 de agosto de 1831 dois cientistas, Faraday, na Inglaterra e Joseph Henry, nos Estados Unidos, de forma independente começaram a descrever um experimento com anel de ferro doce (Figura 3), pois, eles acreditavam que a passagem de corrente elétrica por um dos enrolamentos, podia induzir corrente elétrica

em outro enrolamento. Os resultados experimentais de Faraday e Henry comprovaram que à produção de fem e corrente induzida deve-se a existência do fluxo magnético que varia com no tempo.



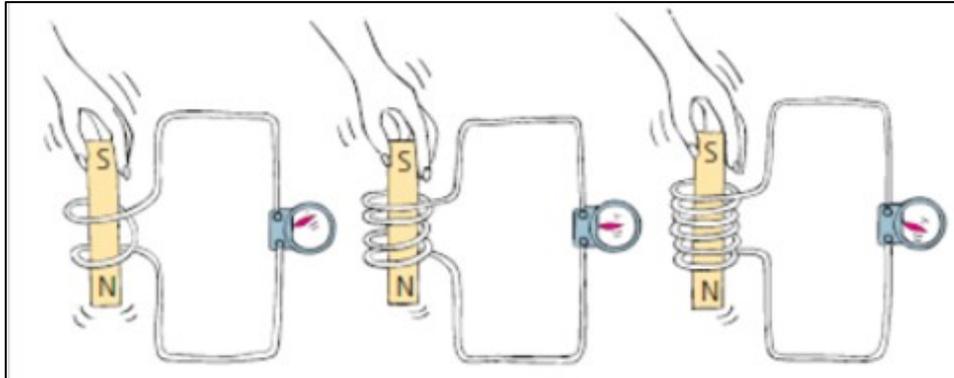
**Figura 3:** Experimento de Faraday.

Fonte: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/inducaao-eletromagnetica>

Fazendo um experimento com um ímã e uma espira, pode-se escrever, que à medida em que o ímã se aproxima ou se afasta da espira o número de linhas de campo magnético, que passam através da espira aumenta (HALLIDAY; RESNICK, 2004, p. 229). Isso faz com que as cargas elétricas, que constituem o metal da espira, passem a movimentar, o que produz corrente elétrica através de uma fonte de fem (força eletromotriz). As fontes de fem produzem diferença de potencial elétrico nos seus terminais mediante a processos internos. Associada à diferença de potencial tem-se um campo elétrico, que produz força elétrica sobre as cargas, fazendo com que ela se mova. Desta forma, para se ter corrente elétrica, é preciso um campo elétrico.

Quanto maior for o número de espiras de fio que se move no campo magnético, maior a voltagem induzida (Figura 4). Empurrar o ímã para dentro da bobina com duas vezes mais espiras, maior é a voltagem, porém, mais difícil fica executar esse movimento. A razão para isso é que a voltagem induzida faz circular uma corrente, que gera um campo magnético contrário ao que lhe deu origem, portanto, quanto maior o número de espiras, maior a corrente induzida e maior o campo magnético criado. Isso é importante para manter a conservação da energia. Quanto mais espiras mais voltagem e, também, mais trabalho precisa ser realizado para movimentar as cargas elétricas. Desta forma, pode-se observar que a Lei de Faraday, relaciona efeito

magnético do ímã com efeito elétrico das cargas elétricas, ou seja, a Lei de Faraday demonstra que o magnetismo e a eletricidade estão intrinsecamente relacionados.



**Figura 4:** Indução de uma voltagem pela variação do campo magnético.  
Fonte: Hewit, 2005

Matematicamente pode-se representar a lei de Faraday, como:

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

Onde:

$\varepsilon$  = Força eletromotriz

$\Delta\Phi$  = Variação do fluxo magnético

$\Delta t$  = Variação do tempo

É importante ressaltar que o lado esquerdo da equação, que representa a força eletromotriz ( $\varepsilon$ ), é obtida através do cálculo do campo elétrico induzido no espaço. Já o segundo membro do lado direito, não envolve o campo magnético em si, mas, a variação do fluxo desse campo. Observa-se, também, que o tempo é responsável pela interação entre a eletricidade e o magnetismo.

O sinal negativo apresentado na equação é devido a Lei de Lenz. Caso este sinal negativo não existisse, a lei pediria que os dois campos atuariam no mesmo sentido, o que aumentaria a intensidade da corrente elétrica, o que violaria a conservação de energia.

## CAPÍTULO 3: RESUMO DOS ENCONTROS

**Quadro 1:** Resumo dos encontros

<b>1° Encontro</b>	<b>Questionário 1 – Diagnóstico</b>
	Experimento 1 – Experimento de Oersted
<b>2° Encontro</b>	Vídeos – Motor elétrico e Indução eletromagnética
	Roda de conversa
<b>3° Encontro</b>	Simulador Phet Física – Indução eletromagnética
	Questionário 2 – Simulador Phet
<b>4° Encontro</b>	Experimento 2 – Motor elétrico
	Experimento 3 – Indução eletromagnética
<b>5° Encontro</b>	Abordagem científica
	Linha do tempo do eletromagnetismo
<b>6° Encontro</b>	Questionário 3 – Diagnóstico

Fonte: autor, 2021

## **CAPÍTULO 4: SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

O desenvolvimento do produto educacional dar-se-á em seis encontros. Cada encontro será dividido em dois momentos de aproximadamente 25 minutos cada. Ressalta-se que a quantidade de encontros e momentos, podem ser alterados conforme a necessidade e disposição do professor. Em cada momento dar-se-á ênfase as atividades em grupo, com a discussão entre professor e educando.

### **4.1 PRIMEIRO ENCONTRO**

Haverá a realização de um questionário para conhecer os subsunçores dos discentes, pois, segundo Ausubel, o conhecimento prévio é muito importante para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011), porque a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, que deve ser dado início a tentativa de ancoragem de novas informações nas estruturas cognitivas. O questionário é constituído de 5 questões de múltipla escolha com 4 alternativas. As questões relacionam a vida cotidiana dos alunos, porque é extremamente importante para o desenvolvimento desse trabalho identificar as concepções trazidas pelos alunos, no que se refere a corrente elétrica, campo elétrico, campo magnetismo e fonte de energia. No segundo momento, os alunos serão divididos em grupos (de 4 ou 5 alunos) e cada grupo tentará desenvolver um experimento similar ao realizado por Hans Christian Oersted (experimento 1), para que os docentes possam comprovar a interação da eletricidade e o magnetismo.

### **4.2 SEGUNDO ENCONTRO**

Buscaremos trabalhar com vídeos. Os alunos assistirão 4 vídeos curta duração e são relacionados com o processo de indução eletromagnética (2 vídeos) e motores elétricos (2 vídeos), porque “o uso de vídeo em sala de aula proporciona a inovação no processo de ensino e aprendizagem” (SILVA; SANTOS; TEIXEIRA, 2019, p. 39). A intenção desses vídeos é fazer com que os alunos visualizem como ocorre a indução eletromagnética e os motores elétricos, pois isso servirá de ancoradouro para os próximos encontros.

**Quadro 1:** Vídeos - Motor elétrico e indução eletromagnética

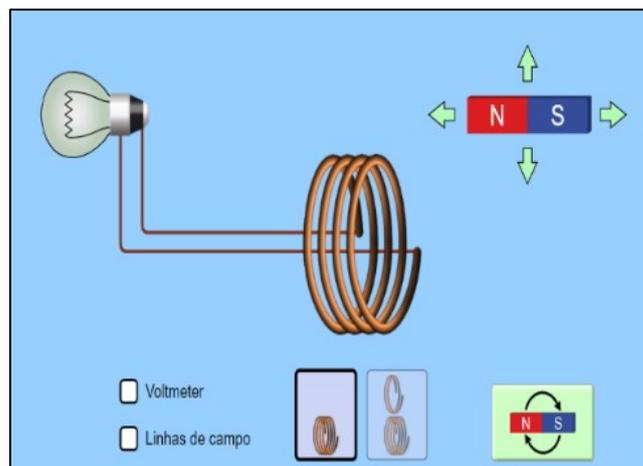
Nome	Endereço	Período
Indução Eletromagnética	<a href="https://youtu.be/b-PpUjLZviY">https://youtu.be/b-PpUjLZviY</a>	9min37s
Indução Eletromagnética	<a href="https://youtu.be/Rba9EdXO368">https://youtu.be/Rba9EdXO368</a>	3min21s
Motor Elétrico Simples	<a href="https://youtu.be/f_ZsNQ56fkU">https://youtu.be/f_ZsNQ56fkU</a>	4min23s
Motor Elétrico Simples	<a href="https://youtu.be/9NWDmQaYGYA">https://youtu.be/9NWDmQaYGYA</a>	3min47s

Fonte: Autor, 2021

O segundo momento será proporcionado um debate entre os alunos sobre os vídeos passados. O professor assumirá o papel de mediador, visando um debate entre professor-aluno e aluno-aluno, onde os alunos terão a oportunidade de expor os seus pensamentos quanto ao conteúdo abordado, e fazer a relação com situações do cotidiano, por meio de uma estratégia coerente.

### 4.3 TERCEIRO ENCONTRO

Começará com uma prática experimental usando o simulador Phet Física da Lei de Faraday (Indução Eletromagnética), devido ao uso do simulador ser uma ferramenta muito eficiente, que pode facilitar a compreensão dos conteúdos abordados em sala de aulas, além dos fenômenos físicos vivenciados no dia a dia.



**Figura 5:** Experimento de Faraday - Lei de Faraday.

Fonte: [Lei de Faraday - Campo Magnético | Ímãs - Simulações PhET Interativas \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/)

O propósito do uso do simulador neste momento é levar os alunos a compreenderem como Faraday realizou o seu trabalho. Além disso, proporcionar aos docentes visualizarem o que ocorre com a lâmpada, ao aproximar o ímã da espira, variando a polaridade dele, as linhas de campo e o que ocorre quando há variação do número de espiras. O encontro acontecerá em dois momentos. No primeiro momento os alunos ficarão livres para aprender a manusear o simulador e no segundo momento será entregue aos alunos um questionário com cinco perguntas (ver anexos), em que eles devem responder com base na utilização do simulador.

#### **4.4 QUARTO ENCONTRO**

Os alunos ficarão livres para produzir em equipe (4 ou 5 alunos), com a ajuda do professor, um motor elétrico simples e um experimento de indução eletromagnética. O primeiro experimento a ser construído é o motor elétrico. Para isso, a bobina é a primeira a ser construída. Ela deve conter dez espiras de fio de cobre esmaltado de 10 mm. Logo após, ocorrerá a construção do suporte, onde ficará a bobina, que também é constituído de fio de cobre de 15 mm. A fixação do suporte será feita em uma base de isopor e fazer a ligação elétrica das pilhas no suporte.

O material utilizado na construção do produto é de baixo custo ou reutilizado, como: ímã, multímetro, fios e pilhas. O experimento servirá de modelo para comparação com os equipamentos elétricos utilizados no dia a dia como: ventilador, liquidificador e batedeira. Isso fará com que os alunos consigam visualizar a aplicação da lei de Faraday no cotidiano.

#### **4.5 QUINTO ENCONTRO**

Acontecerá a abordagem científica, onde o professor demonstrará como se deu o desenvolvimento do fenômeno Indução Eletromagnética e sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico. O docente deve chamar a atenção dos alunos, para o fato de que no cotidiano, constantemente se está em contato com aparelhos e utensílios, que dependem de energia elétrica para funcionar, como: computadores, motores elétricos, transformadores, celulares, lâmpadas, dentre outros equipamentos.

#### **4.6 SEXTO ENCONTRO**

Ocorrerá a aplicação de um questionário para saber se realmente os subsunçores foram alterados e se houve assimilação do conteúdo proposto, o que servirá de indício se houve ou não uma aprendizagem significativa. O questionário será individual e terá caráter de avaliação formativa, pois, segundo Moreira (2002, p. 10), uma avaliação de caráter formativa é aquela que se apresenta como uma tarefa, cuja execução permite que os estudantes aprendam e que se avalie a sua aprendizagem simultaneamente. Dessa forma, pode-se determinar se os conceitos expostos foram realmente assimilados.

## CAPÍTULO 5: DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O esquema para o desenvolvimento de cada encontro propõe otimizar tempo, pois nele o professor encontra os objetivos geral e específico do conteúdo a ser ministrado, além das orientações para o desenvolvimento das aulas.

### 5.1 ESQUEMA DO PRIMEIRO ENCONTRO

**Quadro 2:** Esquema do primeiro encontro

I.	Plano de aula: Encontro 1: Questionário diagnóstico e Experimento de Oersted.
II.	Conteúdo: Campo magnético produzido por ímãs e campo elétrico produzido por corrente elétrica.
III.	Objetivo Pedagógico Geral: Identificar as concepções de eletricidade e magnetismo dos alunos e mostrar através de experimentos a interação entre eles.
IV.	Objetivos Pedagógicos Específicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relacionar campo magnético produzido por ímã e campo magnético produzido por corrente elétrica.</li> <li>▪ Buscar despertar a curiosidade dos alunos para os fenômenos eletromagnéticos.</li> <li>▪ Conhecer os possíveis subsunções dos alunos.</li> </ul>
V.	Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apresentar aos alunos a proposta de ensino</li> <li>▪ Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos).</li> <li>▪ Realizar o experimento de Oersted utilizando o Kit da atividade experimental 1.</li> </ul>
VI.	Recursos Didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quadro branco</li> <li>▪ Pincel de quadro branco</li> <li>▪ Kit da atividade experimental</li> </ul>
VII.	Avaliação: Avaliação diagnóstica e formativa
VIII.	Bibliografia: Livro texto utilizado pela escola.

Fonte: Autor, 2021

#### 5.1.1 DESCRIÇÃO DO PRIMEIRO ENCONTRO

Ao iniciar a aula o professor deve notificar aos alunos os objetivos, a metodologia e abordagem que será utilizada no desenvolvimento da proposta.

Nessa primeira aula, o professor busque observar o conhecimento prévio dos alunos e suas concepções a respeito de campo magnético, campo elétrico e corrente elétrica, a fim de identificar possíveis concepções alternativas.

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.

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

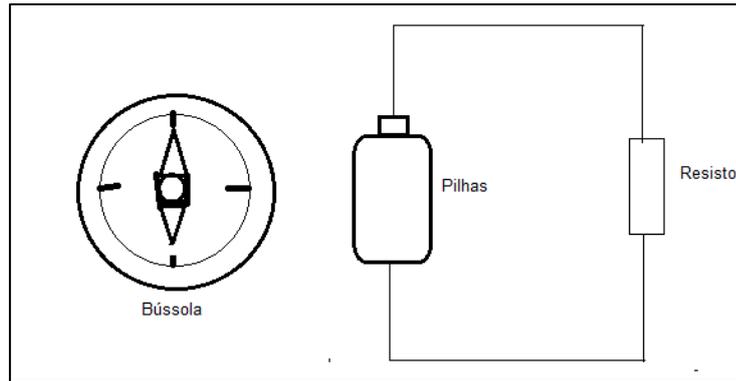
### **5.1.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1 – EXPERIMENTO DE OERSTED**

Objetivo: Comprovar a relação entre eletricidade e magnetismo

Grupos: 4 a 5 alunos

Material utilizado:

- Duas pilhas comuns
- Um suporte para pilhas pequenas
- Uma bússola
- Um ímã bastão
- 30 cm de fios
- Um resistor de 100  $\Omega$



**Figura 6:** Atividade experimental 1- Oersted.

**Fonte:** Autor, 2021

Nesse experimento os alunos receberão do professor os materiais para execução do experimento e orientações para a montagem do circuito, pois, a intenção é que haja liberdade entre os participantes para buscar a melhor forma de obter os resultados. Logo após a montagem do experimento o professor deve distribuir o questionário, para que os alunos respondam com base no experimento.

#### **Questionário 1:** Experimento de Oersted.

- 1 – O que você observa quando o ímã se aproxima da bússola?
- 2 – Quando você afasta o ímã da bússola o que acontece?
- 3 – Quando você aproxima o circuito elétrico da bússola o que você observa?
- 4 – Quando é afastado o circuito elétrico do ímã o que você observa?
- 5 – O que você pode concluir com esse experimento?

#### **5.1.3 COMENTÁRIOS DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1**

É importante que durante o experimento, o professor procure se colocar como um observador. É interessante que os próprios alunos façam as discussões para que fiquem restritas aos membros do grupo, evitando, assim, a troca de informações entre alunos de grupos diferentes.

## 5.2 ESQUEMA DO SEGUNDO ENCONTRO

**Quadro 3:** Esquema do segundo encontro

I Plano aula: Encontro 2: Vídeos sobre motor elétrico e indução eletromagnética; roda de conversa.
II Conteúdo: Processo de geração de energia elétrica e motores elétricos
III Objetivo da aprendizagem: A intenção desses vídeos é fazer com que os alunos visualizem o funcionamento das usinas elétricas e o dos motores elétricos para que eles possam compreender a importância da descoberta da lei de Faraday.
IV Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assistir os vídeos</li> <li>• Criar um debate intermediado pelo professor sobre os conteúdos dos vídeos.</li> <li>• Aproveitar as discussões dos alunos para instigar a relação que ocorre entre os dois eventos.</li> </ul>
V Recursos didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notebook</li> <li>• Datashow</li> <li>• Caixa de som</li> </ul>
VI Avaliação: Observação de atitudes e discursões entre os alunos
VII Bibliografia: <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - <a href="https://youtu.be/Rba9EdXO368">https://youtu.be/Rba9EdXO368</a>;</li> <li>2 - <a href="https://youtu.be/b-PqUjLZvIY">https://youtu.be/b-PqUjLZvIY</a>;</li> <li>3 - <a href="https://youtu.be/7nXdEoCYf4s">https://youtu.be/7nXdEoCYf4s</a>;</li> <li>4 - <a href="https://youtu.be/9NWDmQaTGyA">https://youtu.be/9NWDmQaTGyA</a>;</li> </ol>

Fonte: Autor, 2021

### 5.2.1 DESCRIÇÃO DO SEGUNDO ENCONTRO

Esse encontro também será realizado em dois momentos. O primeiro será passado 4 vídeos curtos e no segundo momento haverá debate entre os alunos sobre os vídeos passados, onde o professor assumirá o papel de mediador, visando manter a organização para melhor aprendizagem.

A intenção desses vídeos é fazer com que os alunos visualizem o processo de como ocorre a indução eletromagnética e os motores elétricos para que os eles possam entender a importância da lei de Faraday.

A problematização dos vídeos requer a participação crítica dos alunos em relação aos vídeos. Desta forma, almejasse através do diálogo problematizador contribui para o conhecimento do processo da indução eletromagnética e o funcionamento do motor elétrico. Esse método pode possibilitar que o educador

proponha alternativas de compreensão do conhecimento científico. Portanto, a participação ativa do educando nos debates e discussões encaminhadas pelo professor pode desenvolver no aluno a capacidade de participação em público para explicar algo ou expor seus pensamentos críticos.

### 5.3 ESQUEMA DO TERCEIRO ENCONTRO

**Quadro 4:** Esquema do terceiro encontro

I. Plano de aula: Encontro 3: Prática experimental usando o simulador Phet Física da Lei de Faraday (Indução Eletromagnética) e Questionário
II. Conteúdo: Princípio da indução eletromagnética
III. Objetivo da aprendizagem: O propósito do uso do simulador nesta aula é levar os alunos a compreenderem como Faraday realizou o seu trabalho. Além disso, proporcionar aos docentes visualizarem o que ocorre com a lâmpada ao aproximar o ímã da espira variando a polaridade do ímã, as linhas de campo e o que ocorre quando há variação do número de espiras
IV. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrar o funcionamento do simulador</li> <li>• Deixar os alunos livres para fazer simulações</li> <li>• Responder questionário inerente a indução eletromagnética com base no simulador.</li> </ul>
V. Recursos didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador da escola</li> <li>• Internet</li> <li>• Simulador Phet Física</li> </ul>
VI. Avaliação: Questionário
VII. Bibliografia: <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_pt_BR.html</a>

Fonte: Autor, 2021

#### 5.3.1 DESCRIÇÃO DO TERCEIRO ENCONTRO

Neste momento os docentes farão uma prática usando o Simulador Phet Física para que possam visualizar como ocorre o processo de indução eletromagnética. Isto facilitará a compreensão da lei de Faraday. O encontro deve correr em dois momentos. No primeiro momento os alunos ficarão livres para aprender a manusear o simulador e visualizar as linhas campo, a intensidade luminosa da lâmpada e o número de espiras. No segundo momento será entregue aos alunos um questionário com cinco perguntas, em que eles devem responder com base na utilização do simulador.

## QUESTIONÁRIO DO SIMULADOR

- 1 – Quando empurrarmos o ímã na direção da espira o que acontece com a lâmpada?
- 2 – Quando você aumenta o número de espiras o que pode ser observado?
- 3 – O que acontece com a corrente elétrica quando você muda a polaridade do ímã?
- 4 – Aumentando ou diminuindo a velocidade do movimento do ímã o que pode ser observado.
- 3 – Faça um desenho representando as linhas de campo dos polos do ímã.

### 5.4 ESQUEMA DO QUARTO ENCONTRO

#### Quadro 5: Esquema do quarto encontro

I. Plano de aula: Encontro 4: Prática experimental 2 e 3 – construção do motor elétrico e indução eletromagnética
II. Conteúdo: Princípio da indução eletromagnética
III. Objetivo da aprendizagem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender como ocorre a indução eletromagnética.</li> <li>• Verificar experimentalmente como ocorre o processo de indução eletromagnética.</li> <li>• Compreender a utilização de aparelhos elétricos de uso comum.</li> <li>• Conhecer a interação dos fenômenos elétricos e magnéticos.</li> </ul>
IV. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dividir os alunos em grupos (recomendação 4 ou 5 alunos).</li> <li>• Distribuir o kit 1 – experimento 2</li> <li>• Distribuir o kit 2 – experimento 3</li> </ul>
V. Recursos didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• fio esmaltado 10 mm;</li> <li>• fio esmaltado 15 mm;</li> <li>• pilhas;</li> <li>• conectores</li> <li>• Base de isopor</li> <li>• lixa de ferro fina</li> <li>• estilete</li> <li>• multímetro</li> </ul>
VI. Avaliação: Construção do motor elétrico simples e indução eletromagnética.
VII. Bibliografia: Livro didático (Experimento de física básica: eletromagnetismo, física moderna e ciências especiais; Jucimar Peruzzo, 2013)

Fonte: Autor, 2021

### **5.4.1 DESCRIÇÃO DO QUARTO ENCONTRO**

Nesta aula, os alunos ficarão livres para construir os experimentos com base no que foi visto nos vídeos do encontro 2, pois esperamos que os vídeos sirvam de ancoradouro. Desta forma, cabe ao professor apenas orientar a prática, pois a intenção é que os alunos sejam protagonistas do seu aprendizado.

#### **Atividade Experimental 2 - Motor elétrico**

Objetivo: Demonstrar a aplicação da lei de Faraday.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

50 cm de fio esmaltado 10 mm

20 cm de fio esmaltado 15 mm

1 ímãs de neodímio

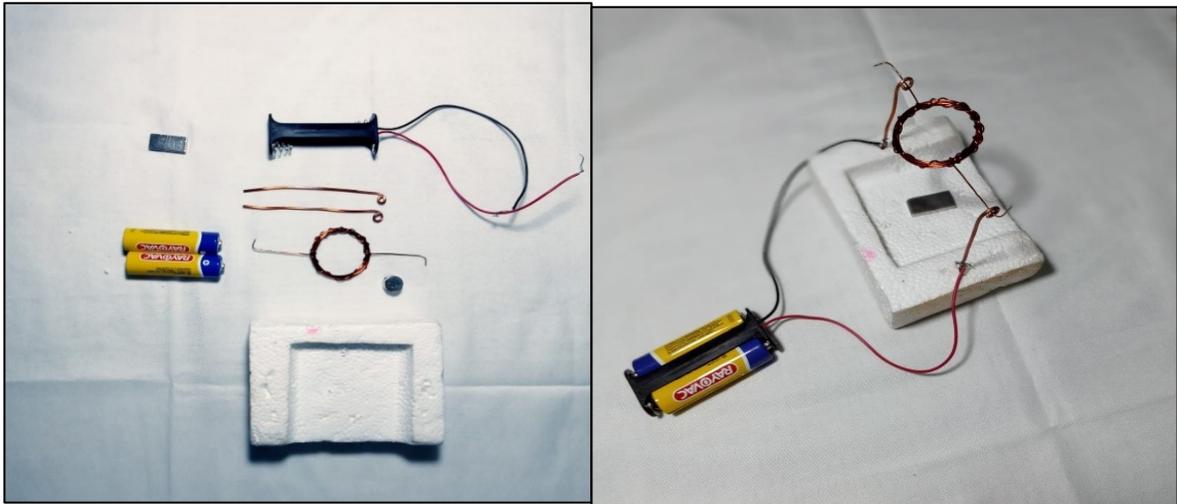
1 base de isopor (10 x 12 cm)

1 suporte de pilhas pequenas

2 pilhas pequenas (comum)

### **5.4.2 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 2 – MOTOR ELÉTRICO**

A montagem do motor elétrico será de acordo com a figura 3. A bobina é a primeira a ser construída. Ela deve conter dez espiras de fio de cobre esmaltado de 10 mm. Logo após, ocorrerá a construção do suporte onde ficará a bobina, que também é constituído de fio de cobre de 15 mm. A fixação do suporte será feita na base de isopor e por último deve ser feita a ligação elétrica das pilhas no suporte de fio. As extremidades da bobina e do suporte devem ser lixadas para tirar o esmalte para que o motor funcione.



**Figura 7:** Atividade experimental 3 - Motor elétrico  
**Fonte:** Autor, 2021

### **Explicação da Atividade Experimental 2:**

Ao interligar o suporte das bobinas nas pilhas a corrente elétrica passa a fluir através dela, isto faz com que ocorra o surgimento do campo magnético ao redor da bobina. Aproximando o ímã da espira um campo magnético  $\mathbf{B}$  envolve a espira, tal que o plano da espira é paralelo ao plano de  $\mathbf{B}$ . Nos lados da espira que formam ângulos de  $0^\circ$  e  $180^\circ$  não surgem forças magnéticas ( $\mathbf{F}_m$ ), porque o ângulo formado entre o fio e o campo magnético (ângulo entre  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{B}$ ), faz com que a força seja nula. Nos outros lados a força magnética ( $\mathbf{F}_m$ ) não são nulas, mas possuem a mesma intensidade e sentidos opostos, as quais causam a rotação na espira.

Quando a espira começa a girar a partir da posição normal, as forças constituintes  $F_m$  e  $-F_m$  vão diminuindo, devido o ângulo que vai aumentando, diminuindo a rotação. Quando o plano da espira é perpendicular as linhas de campo magnéticas e as forças  $F_m$  e  $-F_m$  se alinham e deixa de produzir torque. Como a espira está em movimento, ela continua a girar por inércia. Então, as forças magnéticas fazem a espira girar novamente.

### **5.4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL 3 – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Objetivo: Verificar o fenômeno da indução eletromagnética.

Grupos: 4 ou 5 alunos

Material utilizado:

Fio esmaltado 10 mm (constituição do solenoide -100 espiras)

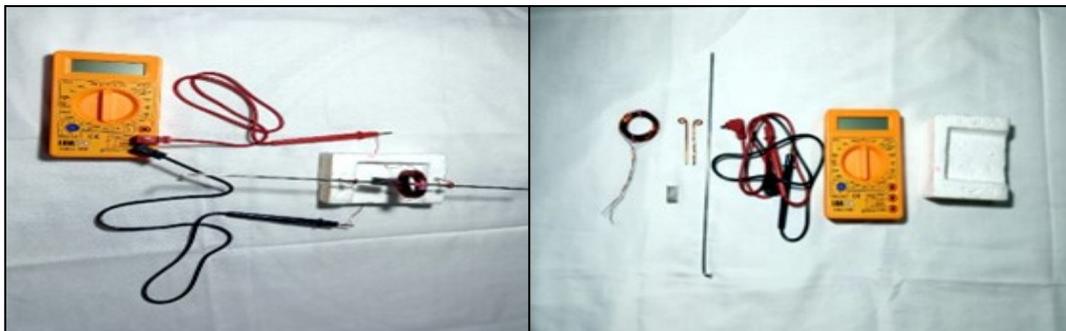
- 1 base de isopor (10 x 12 cm)
- 1 ímã de neodímio (forma de disco)
- 1 suporte para o indutor (fio de 15 mm)
- 1 multímetro (voltímetro)

### Descrição da Atividade Experimental 3

Primeiramente deve ser construído o solenoide com o diâmetro de mais ou menos 2,5 cm. O valor do diâmetro do solenoide é devido o tamanho do ímã que é de 1 cm. Conecte os terminais do solenoide no multímetro, lembrando que os terminais do solenoide devem ser raspados. Logo após, deve ser fixado os suportes na base e introduzido o indutor. O indutor precisa ser rotacionado dentro do solenoide e podemos perceber que o voltímetro acusa uma diferença de potencial (tensão). O solenoide ficará suspenso pelo barbante.

No término da construção do experimento o professor deve lançar a situação-problema: “A corrente elétrica em fio condutor é acompanhada de um campo magnético. E o oposto é possível?”

Essa é uma aula de observação para o professor que irá mediar 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.



**Figura 8:** Atividade experimental 4 - Indução eletromagnética

Fonte: Autor, 2021

### Explicação do experimento 3

O movimento do ímã na direção do solenoide faz com que o fluxo do vetor indução magnética alterne. A variação do fluxo magnético ( $\Phi$ ), através da espira dará origem a corrente. Esse fenômeno é a indução eletromagnética. Quanto mais rápido for a variação de  $\Phi$ , mas intensa será a força eletromotriz ( $\mathcal{E}$ ).

## 5.5 ESQUEMA DO QUINTO ENCONTRO

**Quadro 6:** Esquema do quinto encontro

I. Plano de aula: Encontro 5: Abordagem científica
II. Conteúdo: Lei de Faraday
III. Objetivo da aprendizagem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender a interrelação dos fenômenos magnéticos com os fenômenos elétricos na vida cotidiana;</li> <li>• Compreender a utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum;</li> </ul>
IV. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrará como se deu desenvolvimento do fenômeno Indução Eletromagnética;</li> <li>• Relatar a contribuição para o desenvolvimento tecnológico;</li> <li>• Discutir o uso no cotidiano de motores elétricos, transformadores e geradores;</li> <li>• linha de tempo da história do eletromagnetismo.</li> </ul>
V. Recursos didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slide</li> <li>• Notebook;</li> <li>• Livros didáticos</li> <li>• Artigos científicos</li> </ul>
VII. Bibliografia: <a href="#">DISSERTAÇÃO Uma proposta UEPS para ensino indução.pdf, p62-dissertacao-diorge.pdf</a> ; Compreendendo a Física/ Alberto Gaspar – 2 ed. Ática – São Paulo, 2013; Física 3: Eletromagnetismo/ GREF – 5 ed.

Fonte: Autor, 2021

### 5.5.1 DESCRIÇÃO DO QUINTO ENCONTRO

Neste momento o professor demonstrará como se deu desenvolvimento do fenômeno Indução Eletromagnética e sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico. O discente deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que no cotidiano, constantemente estamos em contato com aparelhos e utensílios que dependem de energia elétrica para funcionar, como: motores elétricos, transformadores, celulares, lâmpadas, dentre outros equipamentos. No final da abordagem será apresentado pelo professor a linha de tempo da história do eletromagnetismo.

O professor constrói junto com os alunos (durante a explicação) a equação matemática da lei de Faraday com base no entendimento das relações entre as variáveis, em invés de simplesmente apresentá-la de maneira puramente formal.

Neste momento o discente pode abordar a importância da indução eletromagnética para o desenvolvimento tecnologia no advento de máquinas e transformadores elétricos, além da produção de energia em larga escala.

## 5.6 ESQUEMA DO SEXTO ENCONTRO

**Quadro 7:**Esquema do sexto encontro

I. Plano de aula: Encontro 6:
II. Conteúdo: Lei de Faraday
III. Objetivo da aprendizagem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar o nível de aprendizado dos alunos.</li> </ul>
IV. Desenvolvimento do encontro: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conscientizar os alunos da importância do questionário.</li> <li>• Organização da sala.</li> <li>• Distribuição do questionário</li> </ul>
V. Recursos didáticos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pincel de quadro branco</li> <li>• Resma de papel almaço</li> </ul>
VII. Bibliografia: <a href="#">DISSERTAÇÃO Uma proposta UEPS para ensino indução.pdf, p62-dissertacao-diorge.pdf</a> ; Compreendendo a Física/ Alberto Gaspar – 2 ed. Ática – São Paulo, 2013;

Fonte: Autor, 2021

### 5.6.1 DESCRIÇÃO DO SEXTO ENCONTRO

Novamente será aplicado um questionário para saber se realmente os subunçores foram alterados e se houve assimilação do conteúdo proposto, o que servirá de indício que houve ou não uma aprendizagem significativa. O questionário será individual e terá caráter avaliação formativa. Dessa forma, pode-se determinar se os conceitos expostos foram realmente assimilados.

## Questionário – Diagnóstico 2

1 – Em um condutor fechado (espira), a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se por algum motivo o fluxo variar, o que acontece?

- a) Curto-circuito
- b) Interrupção da corrente elétrica
- c) O surgimento de corrente elétrica
- d) A magnetização permanente do condutor

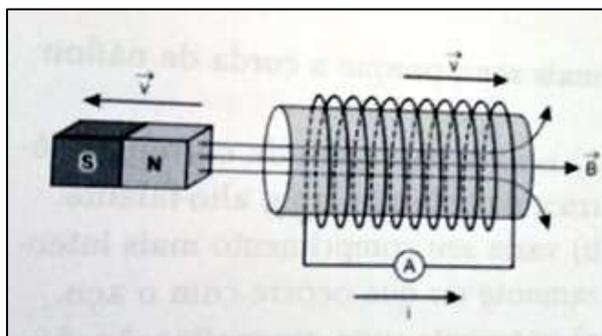
2 – No processo de transformação de energia mecânica em energia elétrica, um aluno da Escola Inspetora Dulcineia constrói um pequeno gerador utilizando:

- Um fio de cobre de diâmetro  $D$  enrolado em  $N$  espiras circulares de área  $A$ ;
- Dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade  $B$ ;
- Um sistema que permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência  $f$ .

Ao fazer o gerador funcionar o aluno obteve uma tensão máxima  $V$  e uma corrente elétrica  $i$ . Para dobrar o valor da tensão máxima, mantendo a corrente elétrica constante, o aluno deve dobrar o (a):

- a) Número de espiras
- b) Frequência de giro
- c) Intensidade da espira
- d) Área das espiras

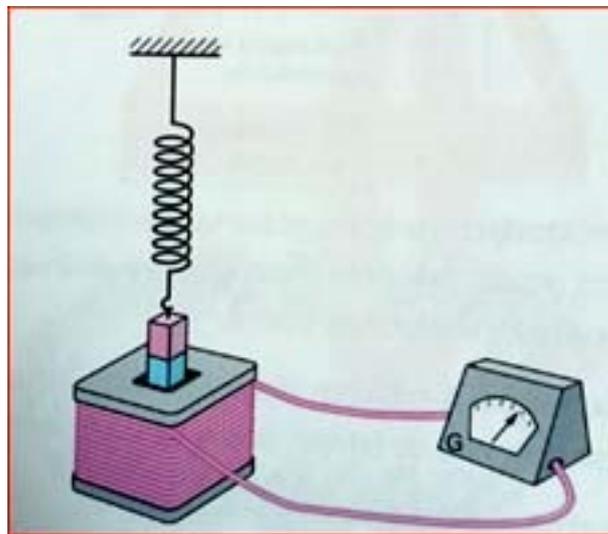
2 – A figura abaixo mostra um ímã em forma de barra, preso a uma mola, oscilando para dentro e para fora da bobina ligada em série a um voltímetro.



**Figura 9:** Questionário diagnóstico 1. **Fonte:** Antônio Eduardo e Pâmella Gonçalves, 2017, pag. 53

O que acontece com o ponteiro do voltímetro? Explique.

4 - O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como mostrado na figura. A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a:



**Figura 10:** Questionário diagnóstico 2.

Fonte: Alberto Gaspar. Compreendendo a Física, 2013, pag. 188

- a) A esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida;
- b) Direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida;
- c) Esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade;
- d) Direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.

5 – Uma das grandes descobertas da Física que impactou a humanidade foi o processo de indução eletromagnética feita pelo cientista inglês Michael Faraday em 1831. Dentre as contribuições da chamada lei de Faraday destaca-se a geração de energia elétrica em grande escala e os dispositivos, como:

- a) Transformadores, micro-ondas e panela elétrica
- b) Gerador, ferro de passar e chuveiro elétrico
- c) Televisão, motores elétricos e lâmpadas incandescente
- d) Transformadores, geradores e motores elétricos

## FECHAMENTO

O presente produto educacional buscou desenvolver o conhecimento fenomenológico do conteúdo Lei de Faraday, onde em cada encontro novas informações são acrescentadas na estrutura cognitiva dos alunos com o intuito de modificar conhecimento empírico existente na mente do aluno para que haja um conhecimento significativo.

A lei de Faraday é um conteúdo importante para o conhecimento no ensino médio, uma vez que proporciona o conhecimento do processo de geração de energia elétrica em grande escala, o que contribuiu para o desenvolvimento da humanidade e para o avanço da tecnologia.

O ensino de Física necessita de meios que proporcione ao aluno interesse pelo conhecimento dos fenômenos físicos, mas isso só ocorrerá quando o docente compreender como ocorre o processo de formação do conhecimento científico e as práticas pedagógicas necessária para cada situação.

## REFERÊNCIA

- BRASIL, Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**: Ciência da Natureza e suas Tecnologia. Brasília: 2002.
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 2.ed. São Paulo: Ática, 2013, p. 118. 3v.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004, p. 229.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 3**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004, p. 230.
- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: contexto & aplicações**. 2.ed. São Paulo: Scipione, 2016, p. 153. 3v.
- MCKELVEY, John P.; GROUCH, Howard. **Física**. São Paulo: Harbra, 1978, p.1083. 4v.
- MOREIRA, Marco Antônio, 2011 apud. Caetano, Fabiana Cristina. **Luz e cor: uma proposta didática interdisciplinar**. Tese Mestrado Profissional Nacional de Ensino de Física, 2020.
- SILVA, Daniele Socorro Ribeiro da; SANTOS, Jayanny Sá; TEIXEIRA, Sandro Mateus Ferreira. **Produção de vídeos aulas como ferramenta educacional no processo de ensino e aprendizagem de física no ensino médio**. Revista do professor de Física. 3v, n. especial. 2019, p. 39.